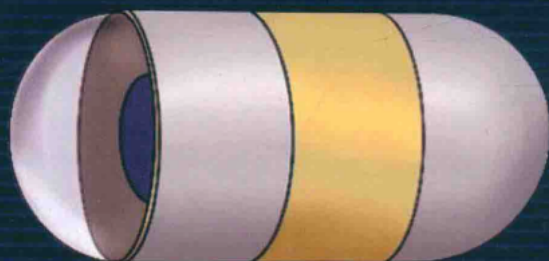


ATLAS OF CAPSULE ENDOSCOPY
IN CHILDREN AND
ANALYSIS OF TYPICAL CASES

儿童胶囊内镜图谱 与典型病例解析



主编 · 黄瑛



上海科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

儿童胶囊内镜图谱与典型病例解析 / 黄瑛主编. —
上海: 上海科学技术出版社, 2023. 9
ISBN 978-7-5478-6265-0

I. ①儿… II. ①黄… III. ①小儿疾病—小肠—肠疾
病—内窥镜检—图谱 IV. ①R726.567-64

中国国家版本馆CIP数据核字(2023)第142582号

儿童胶囊内镜图谱与典型病例解析

主编 黄 瑛

上海世纪出版(集团)有限公司 出版、发行
上海科学技术出版社
(上海市闵行区号景路159弄A座9F-10F)

邮政编码201101 www.sstp.cn

徐州绪权印刷有限公司 印刷

开本 787×1092 1/16 印张 10.5

字数 250千字

2023年9月第1版 2023年9月第1次印刷

ISBN 978-7-5478-6265-0 / R·2806

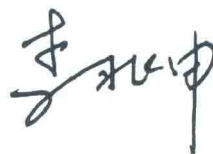
定价: 118.00元

本书如有缺页、错装或坏损等严重质量问题, 请向印刷厂联系调换

序

胶囊内镜的问世，是21世纪消化内镜领域里程碑式的革新和进展，开启了无痛、无创消化道疾病诊疗的新篇章。我国胶囊内镜在关键技术攻关、临床研究和应用等多个领域达到国际先进水平。胶囊内镜因其无痛、无创、非侵入性的特点，受到患者和临床医师的青睐，2021年《中国小肠胶囊内镜临床应用指南》也明确指出胶囊内镜是小肠疾病的一线检查方式，更是儿童小肠疾病检查的重要手段。内镜图谱能够直观地展示多种小肠疾病在胶囊内镜下的表现，帮助消化内镜医师提高小肠疾病的诊断能力。儿童的胃肠疾病谱与成人有较大差别，因此编写涵盖儿童疾病特色的胶囊内镜图谱很有价值。

复旦大学附属儿科医院率先在全国开展儿童胶囊内镜检查，在小肠胶囊内镜检查、阅片和诊断方面积累了丰富的临床经验。为提升小肠疾病的内镜诊疗水平，复旦大学附属儿科医院消化内镜中心牵头，联合全国各地的儿童消化内镜专家团队编写了本书。本书的特色是注重胶囊内镜典型图片与儿童典型病例相结合，通过描述典型病例的诊断、治疗与随访，诠释了胶囊内镜在小肠疾病诊断中的价值，其编写方法新颖、内容翔实、临床实用性强，是一本不可多得的专业图书。我愿推荐给全国同道。



2023年5月

前言

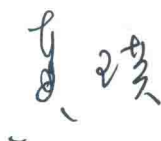
小肠是人体消化系统最长的器官，位于腹腔深处，肠管盘曲折叠，常被认为是消化道疾病诊断中的盲区。与上消化道及结肠疾病相比，小肠病变起病隐匿，且小肠位置相对较深，检查手段有限，临床诊断十分困难。通过消化内镜可直接观察消化道黏膜的变化，是诊断消化道黏膜病变的金标准。胶囊内镜有无创、无辐射、不需麻醉的优势。胶囊内镜诞生于2000年，2004年开始应用于10岁及以上的儿童，2009年美国食品药品监督管理局（FDA）批准胶囊内镜应用于2岁及以上的儿童。2002年10月我国批准胶囊内镜全面应用于临床，之后也应用于儿科临床。然而，儿童不是缩小版的成人，儿童的疾病谱也与成人不同，临床上非常需要一本介绍儿童胶囊内镜的专业工具书，因此我们编写了此书，以期儿童小肠疾病的诊断提供帮助。

本书从实用出发，采用图文镶嵌、典型图谱与典型病例相结合的方式，介绍胶囊内镜在儿童小肠疾病诊治中的应用。本书包括13章。第一章简要介绍胶囊内镜基础知识，包括胶囊内镜的发展史、构造和工作原理，另外着重介绍了儿童胶囊内镜检查前准备、检查后注意事项、并发症及其处理方法。第二章到第十章是本书的核心内容，详尽介绍了胶囊内镜的临床应用，包括胶囊内镜下各种小肠疾病的表现，结合典型病例，介绍各种小肠疾病的特点、胶囊内镜典型表现，以及诊断、治疗和随访。第十一章以OMOM胶囊内镜设备及Vue软件胶囊内镜为例，详细介绍了阅片过程中的注意事项及报告书写规范。第十二章介绍了胶囊内镜在检查过程中的质量控制。第十三章介绍了胶囊内镜的应用前景及新型胶囊内镜的研发。本书有助于儿童消化科医师，特别是内镜医师尽快识别小肠疾病在胶囊内镜下的表现，结合其他临床资料，综合研判，给患儿以最精准的诊断。

本书编写团队由全国各地儿童消化内镜中心的专家组成，专家们具有丰富的临床实战经验。在本书编写过程中，编者共同讨论，确定编写提纲和内容，结合各中心典型病例的诊断和治疗经验，以严谨、务实的态度完成了本书的撰写工作，力求科学性和临床应用性强、条

理清晰、内容丰富，希望为广大儿科消化内镜医师及相关科室医师提供指导和帮助。衷心感谢为此书辛勤付出的全体编写人员！

编者最大限度地参阅了国内外文献，并结合自己多年的临床经验，力求及时反映胶囊内镜领域的最新进展。但是，由于内镜技术发展迅速，实难以一书概全部，疏漏和不足之处在所难免，敬请广大读者和同道在阅读过程中批评指正。



2023年5月

目录

第一章 · 胶囊内镜基础 001

第一节 · 胶囊内镜简介 002

- 一、胶囊内镜的发展史 002
- 二、胶囊内镜的构造及特点 004
- 三、胶囊内镜的工作原理 006

第二节 · 儿童胶囊内镜检查准备及注意事项 011

- 一、适应证和禁忌证 011
- 二、检查前准备 013
- 三、检查后注意事项 019
- 四、并发症及其处理 020

第二章 · 儿童胶囊内镜下正常小肠黏膜 023

- 一、小肠解剖结构及胶囊内镜下的正常图像 024
- 二、胶囊内镜下可能无临床意义的异常表现 027

第三章 · 炎症性肠病 031

- 一、克罗恩病 032
- 二、溃疡性结肠炎 048
- 三、单基因突变炎症性肠病 056

第四章 · 贝赫切特综合征 061

第五章 · 其他免疫相关性肠病 065

- 一、过敏性紫癜 066
- 二、乳糜泻 071
- 三、隐源性多灶性溃疡性狭窄性小肠炎 075
- 四、*SLCO2A1* 基因相关慢性肠病 077
- 五、嗜酸细胞性肠炎 080
- 六、胃肠道移植物抗宿主病 085

第六章 · 小肠出血性疾病 091

- 一、梅克尔憩室 092
- 二、血管畸形 095
- 三、毛细血管扩张症 097
- 四、血管瘤 100
- 五、蓝色橡皮疱痣综合征 104

第七章 · 小肠息肉 111

- 一、波伊茨-耶格综合征 112
- 二、家族性腺瘤性息肉病 117
- 三、幼年性息肉病综合征 119

第八章 · 小肠淋巴瘤 123

第九章 · 小肠淋巴管扩张症 129

第十章 · 小肠寄生虫感染 135

第十一章 · 胶囊内镜的阅片和报告书写 139

- 一、胶囊内镜的阅片 140
- 二、胶囊内镜报告的书写 142

第十二章 · 胶囊内镜的质量控制 149

第十三章 · 胶囊内镜的展望 153

第一章

胶囊内镜基础

第一节 胶囊内镜简介

一、胶囊内镜的发展史

胶囊内镜 (capsule endoscopy, CE) 作为一种无创、便捷的诊断方式, 是内镜技术发展史上的一个里程碑, 在胃肠疾病中的应用已得到广泛认可。随着技术日益成熟, 胶囊内镜在成人中几乎可覆盖全消化道的检查。目前, 胶囊内镜也逐渐应用于儿童, 对于小肠镜检查普及率不高的儿童群体, 在小肠疾病的诊断和评估方面具有重要价值。

■ (一) 胶囊内镜的诞生

传统内镜均采用机械插入法, 给患者带来很大不适, 为解决这一困扰, 1992年以色列Iddan博士首先提出了胶囊内镜的设想, 同年9月英国胃肠病学家Paul Swain医生于世界胃肠病会议上宣布了胶囊内镜的概念。随后Iddan博士和Paul Swain医生组建Given Imaging公司, 2000年5月Paul Swain在美国消化疾病会议上介绍了首例胶囊内镜应用情况。2000年8月胶囊内镜正式通过美国食品药品监督管理局 (Food and Drug Administration, FDA) 获准上市, 被应用于临床。2009年经美国FDA批准, 胶囊内镜与探路胶囊内镜被批准适用于2岁及以上的儿童。

胶囊内镜影像系统的成功得益于互补金属氧化物半导体 (complementary metal-oxide semiconductor, CMOS) 影像仪、特定用途集成电路 (application specific integrated circuit, ASIC) 发送装置及发光二极管 (light-emitting diode, LED) 照明系统三项技术。CMOS芯片体积及耗能极小, 却能产生高质量图像; ASIC技术使视频发送器以最小的体积整合于集成电路中, 并使耗能达到最低。三项技术的结合最大程度上减轻了功率及供能上的困扰, 使胶囊内镜在低能源供应下完成对整个小肠的检查。

■ (二) 胶囊内镜的应用和发展: 从小肠到全胃肠道

1. 小肠胶囊内镜 小肠的解剖结构特殊, 多重弯曲且重叠, 常被认为是消化道疾病诊断中的盲区。传统的影像学或内镜技术诊断率低、痛苦大, 使得小肠疾病的诊断受到限制, 尤其是在小年龄的儿童。

1999年, Paul Swain等研发了第一颗胶囊内镜, 其大小为26 mm×11 mm, 拍摄频率为2帧/秒, 续航时间长达8 h, 成功进行小肠检查; 次年, Iddan和Swain在*Nature*杂志上刊登首张胶囊内镜拍摄的人体消化道图像; 随后Appleyard等于2001年首次报道胶囊内镜在4例不明原因消化道出血 (obscure gastrointestinal bleeding, OGIB) 患者中的应用, 实现了小肠疾病诊断的临床转化。在美国, 2009年胶囊内镜获得审批应用于儿童群体。在我国, 2005年OMOM胶囊获准应用于临床。经过数十年的探索, 小肠胶囊内镜的适应证不断拓展, 包括消化道出血、小肠克罗恩病、遗传性息肉综合征、乳糜泻等, 在临床中得到广泛应用。而且,

随着适配软件的进步和人工智能的应用,胶囊内镜的平均阅片时间显著缩短,对小肠疾病诊断的敏感度显著提高。

但胶囊内镜仍有不良事件的发生,最常见的是胶囊滞留和检查不全,胶囊滞留主要发生在克罗恩病或肿瘤性疾病同时伴有肠腔狭窄的情况。为此,Given Imaging公司于2005年推出探路胶囊,探路胶囊外壳为可降解乳糖材料,在肠道内超过80 h会开始降解,用于评估胶囊滞留的风险。检查不全则多发生于胃肠动力不足,导致在电池的续航时间内无法完成肠道检查,通过内镜干预、磁控诱导过幽门等方式可降低检查不全的发生率。

2. 食管胶囊内镜 传统的单摄像头的胶囊内镜在检查食管过程中,通过食管速度快,拍摄频率不高,无法满足全面观察食管黏膜的需求。为了克服上述困难,研究者先后研发了双摄像头食管胶囊内镜、线控食管胶囊内镜、手柄式磁控胶囊内镜等。

Eliakim等于2004年推出双镜头、拍摄频率达14帧/秒的食管胶囊内镜(esophageal capsule endoscopy, ECE)——PillCam ESO。随后通过性能的优化,2007年,第二代食管胶囊内镜(PillCam ESO2)被FDA批准上市,相比较于第一代,PillCam ESO2视野深度增加50%,拍摄频率提升至15帧/秒,具有高空间分辨率,从而获得更高质量的图像。2016年,第三代食管胶囊内镜(PillCam UGI)获得验证,拍摄频率可达35帧/秒,视野角扩展至174°,续航时间由20 min增至90 min,检查完成率达到92.5%。2019年我国推出改良的可分离式磁控胶囊内镜,可在系线牵引下主动完成食管部位检查,并可来回反复观察食管,与传统电子胃镜相比其食管疾病诊断敏感度和诊断一致率达100%,而且在食管检查完成后,胶囊内镜可被释放继续检查胃和小肠等部位。其次,我国也研发出pH胶囊,微创无痛的食管酸碱度无线检测系统,用于诊断胃食管反流病。

目前国际上儿童使用食管胶囊内镜仅有少量的研究报道,都是以门静脉高压作为研究内容。

3. 胃胶囊内镜 胃的解剖结构特殊,限制了传统胶囊内镜在胃部的检查效果。因此,需要研发主动式控制胶囊在胃内进行反复检查。为解决这一问题,2006年Carpi等提出“磁控胶囊内镜”这一理念,试图通过磁场来控制胶囊内镜的定向运动,手柄式、磁共振线圈式和机械臂式胶囊内镜相继被研发。我国于2012年率先研发出机械臂式磁控胶囊胃镜系统,其永久磁铁最高强度可达300 T,通过体外高强度永久磁体,实现对胶囊内镜高精度的运动导航,对胃黏膜的可视性好、安全性佳,灵敏度、特异度及诊断准确性分别为90.4%、94.7%和93.4%。

磁控胶囊内镜通过了我国国家药品监督管理局和欧盟产品认证,并同意适用于8岁以上的儿童,是目前唯一应用于临床的磁控胶囊胃镜,多用于老年人、儿童、胃镜检查高风险人群。

4. 结肠胶囊内镜 2006年Eliakim等推出第一代结肠胶囊内镜(colon capsule endoscopy-1, CCE-1)。通过性能提升,高拍摄频率、宽视野角的第二代结肠胶囊内镜(CCE-2)于2009年被推出,具有更高的诊断效能。国内外多项研究聚焦于磁控结肠胶囊内镜及结肠胶囊内镜入路的研究,将结肠胶囊内镜的可控性大大提高。

2018年Eliakim等推出新一代全肠胶囊内镜(PillCam Crohn's),检查范围囊括全消化道,

其报道分小肠Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ段+结肠，全肠道检查完成率为83%~91%。

5. 功能胶囊内镜 随着技术的进步，胶囊内镜被开发出更多的功能，如传统内镜下的活组织检查（简称活检）、超声探测、止血等功能，还可以进行改善胃肠动力、靶向给药等多样化干预，这些除了视频之外被赋予其他功能的胶囊称为功能胶囊内镜。

胶囊内镜的问世攻克了小肠作为消化内镜诊疗的盲区这一难题，弥补了传统消化内镜的不足。随着胶囊内镜的性能不断提升、适应证的拓展，以及食管胶囊内镜、结肠胶囊内镜及胃胶囊内镜的相继推出，全消化道黏膜的可视化诊断得以实现，而功能胶囊内镜的研发也实现了从诊断走向治疗的探索。

（邓朝晖）

二、胶囊内镜的构造及特点

（一）胶囊内镜的构造

胶囊内镜系统通常由三部分组成：智能胶囊内镜、图像记录仪和图像处理工作站。

1. 智能胶囊内镜 经典的智能胶囊内镜由外壳、光源、成像系统、传感器、电池、发射模块及天线组成。以全球首创的以色列 Given Imaging 公司的 PillCam 小肠胶囊内镜（图 1-1）为例，智能胶囊内镜起到一台微型摄像机和微型发射器的功能。多数胶囊内镜的图像传输以射频发射为主，韩国 Intromedic 公司生产的 MiroCam 胶囊内镜系统则以电场传输，即以人体为导电介质进行传输，因此其胶囊外壳上有两镀金条带以通过低功耗电场经人体传播图像（图 1-2）。美国 CapsoVision 公司生产的 CapsoCam 胶囊内镜则环周有 4 个摄像系统，呈 360° 全景摄像，分辨率也更高（图 1-3）。目前随着技术的发展，不同公司的产品在观察视野、图像分辨率、电池寿命、胶囊大小、照片拍摄存储速度等方向均进行不断提高，相信将来在胶囊的运行可控性及内镜下进行治疗性的操作方面也将取得更大的发展。

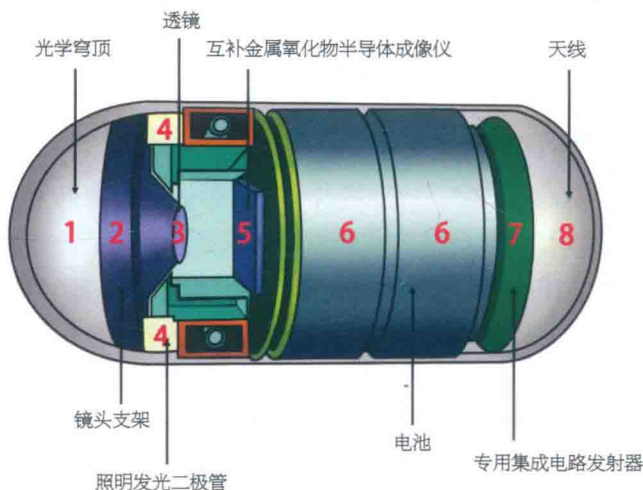


图 1-1 · PillCam 胶囊内镜组成

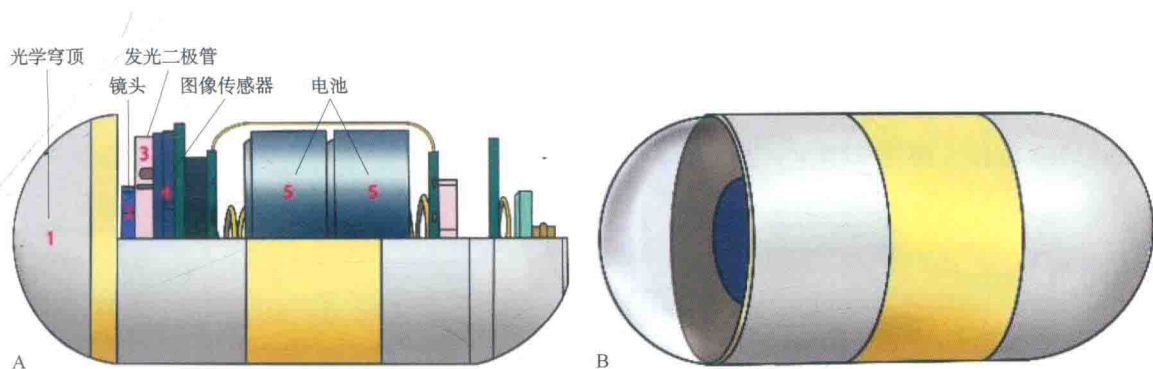


图1-2·MiroCam胶囊内镜组成和外观

A. MiroCam胶囊内镜组成；B. MiroCam胶囊内镜外观

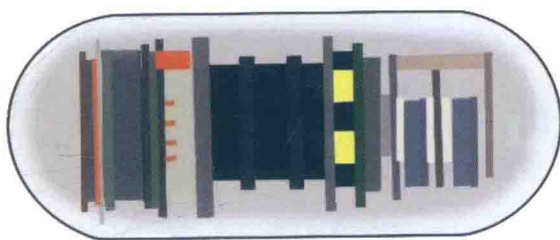


图1-3·CapsoCam胶囊内镜外观

2. 图像记录仪 图像记录仪主要由收发天线单元阵列、处理图像信息的记录盒、图片存储体、可充锂电池、附件（充电器、记录仪背心、电缆）等组成（图1-4）。其主要功能是接收、处理及储存胶囊内镜拍摄的图像数据，目前的图像记录仪多能查看胶囊内镜实时运行情况。CapsoCam胶囊内镜包含图像存储系统，检查完成后需要回收胶囊（一次性使用胶囊回收套件：回收盘、磁棒和回收瓶）以读取图像进行分析。其他小肠胶囊内镜图像记录仪功能类似。



图1-4·PillCam图像记录仪相关组成

3. 图像处理工作站 通常包含主机、电源线、USB 电缆、图像处理软件组成。以 PillCam 胶囊内镜图像处理工作站（图1-5）为例，图像处理软件系统RAPID目前版本为PillCam Software v9，比以前版本更加智能化，可以快速发现出血区域（suspected blood indicator,

SBI), 而且添加快速浏览 (QuickView) 及电子染色功能 (electronic chromo-endoscopy)。胶囊回收后由胶囊舱数据访问设备 (型号: CDAS, 包括主机、电源线和USB电缆) 和 CapsoView 软件 (型号: CVV; 发布版本: 3) 分析图像。



图 1-5 · PillCam 图像处理工作站

■ (二) 不同小肠胶囊内镜的特点

目前市场上常见的小肠胶囊内镜的特点见表 1-1。

表 1-1 · 常见不同类型小肠胶囊内镜系统的特点

胶囊内镜类型	PillCam SB3 [®]	EndoCapsule 10 [®]	MiroCam [®]	OMOM Capsule2 [®]	CapsoCam SV-3 [®]
公 司	Given Imaging	Olympus	IntroMedic	Jinshan	CapsoVision
尺寸 (mm)					
长 度	26.2	26.0	24.5	25.4	31.0
直 径	11.4	11.0	10.8	11.0	11.0
重量 (g)	3.00	3.30	3.25 ~ 4.70	4.50	3.80
电池寿命 (h)	≥ 11	12	12	≥ 10	15
分辨率	340 × 340	320 × 320	512 × 512	640 × 480	1 152 × 612
图像存储速度 (帧/秒)	2 ~ 6	2	3	2 ~ 6	12 ~ 20 (3 ~ 5/摄像头)
视野 (°)	156	160	170	165	360
图像传输	射频	射频	人体 (电场)	射频	无传输 (胶囊内存)

(李中跃)

三、胶囊内镜的工作原理

小肠曾是消化内镜诊疗的盲区, 胶囊内镜的问世为小肠乃至整个消化道疾病的诊治带来了革命性的变化。自 1999 年人类吞下第一颗胶囊内镜至今, 已有 20 余年, 作为第一个进入

市场的胶囊内镜, PillCam在临床实践中应用广泛。OMOM胶囊内镜是由我国自主研发的, 2005年通过我国国家食品药品监督管理局批准并投入临床使用, 是继PillCam后世界上第二个胶囊内镜。

■ (一) 小肠胶囊内镜

小肠胶囊内镜是一种一次性胶囊状、具有无线传输功能的可吞咽小型摄像机, 借助胃肠道生理蠕动向前推进, 自动拍摄所经过部位的胃肠道黏膜情况, 并将拍摄的图像通过无线传输的方式实时传输到患儿佩戴的数据记录仪中, 数据记录仪接收图像后, 即可同步进行观察, 亦可将其储存起来, 以备后续分析。

小肠胶囊内镜检查系统主要由三部分组成: 胶囊内镜、带有数据记录仪的传感系统和用于图像查看分析的计算机工作站。胶囊内镜一般有以下组件构成: 光学及照明系统、成像仪、发射器、天线、电池和胶囊外壳, 它将照相模块、电池和无线收发模块密封在一个胶囊状的医用高分子材料的外壳中, 不会被人体消化。当胶囊内镜进入消化道后, 消化道的图像通过镜头被成像仪感知, 后者将其翻译成电信号, 传送至发射器, 再由发射器经天线将信号传送至腹部外面的记录仪。

OMOM胶囊内镜作为我国自主研发的胶囊内镜, 具有双向数据通信功能, 在国内得到广泛的应用。OMOM胶囊内镜包装内部有一个永磁体, 它是胶囊内镜的电源开关, 胶囊内镜存储在具有磁场的密封包装中保持未激活状态, 一旦将胶囊内镜从包装内拔出时, 开关即被打开, 胶囊启动拍摄。胶囊内镜由患儿吞服或内镜下辅助放置进入消化道, 即可实时拍摄内镜图像。患儿吞服胶囊后将记录仪腰带穿戴于身上, 记录仪腰带内有布置好的天线阵列位置, 无须在患儿皮肤表面粘贴和固定天线, 患儿在检查过程中只需要将记录仪腰带穿戴在身上即可, 不影响其日常活动。天线阵列用于接收胶囊内镜发送的图像信息, 并对胶囊内镜发送命令。胶囊内镜在电池能量耗完后停止工作, 此时可取下图像记录仪并导出数据用于后续分析, 而胶囊一般会在8~72 h随排泄物一起排出体外。

■ (二) 特殊类型胶囊内镜

1. 食管胶囊内镜 由于重力作用, 胶囊内镜通过食管的速度过快, 传统的胶囊内镜无法满足全面准确检查食管的需要。如果将胶囊内镜用于食管的检查, 必须提高图像的采集速度或者通过外力的方式控制胶囊内镜通过食管的速度。2004年以色列 Given Imaging公司推出了第一代具有双摄像头的食管胶囊内镜 (PillCam ESO), 图像的采集速度为14帧/秒, 最新的第三代食管胶囊内镜 (PillCam UGI) 拍摄频率可达35帧/秒, 视场角由140°扩展至174°。虽然新一代食管胶囊内镜在拍摄频率、视场角方面有极大改良, 但重力所致的食管通过速度较快仍对黏膜观察有一定影响。系线胶囊内镜 (string-capsule endoscopy, SCE) 和磁控胶囊内镜可以通过外力干预的方式控制胶囊内镜通过食管的时间, 有利于对食管黏膜的仔细观察。系线胶囊内镜最基本的原理为将一根丝线系于胶囊内镜表面, 通过牵拉系线控制胶囊内镜通过食管的速度, 并可以通过牵拉系线往返观察食管, 其缺点为给检查者造成不适, 且有丝线脱落、断裂的风险。磁控胶囊内镜最基本的工作原理为将永磁体内置于胶囊内镜, 通过体外磁

场控制装置产生足够的磁力，以控制体内胶囊内镜的运动，操作者根据监视器画面信息判断胶囊的位置和参数，通过操纵杆操控胶囊的运动。目前体外磁场控制方法主要有手柄式、磁共振机式和机器臂式。磁控胶囊内镜的一个主要缺点是磁场非线性，因此并不能保持精确的运动和控制。可分离式系线磁控胶囊内镜（DS-MCE）将系线法与磁控法相结合，其工作原理为：将一个半包裹式的透明薄乳胶套包裹在磁控胶囊内镜表面，末端与中空细线相连，当食管检查完成后，通过注射器向中空的细管内注入空气，乳胶套与胶囊即可分离，胶囊进一步进行胃部检查。

2. 磁控胶囊胃镜 由于胃腔的体积比较大，传统的胶囊内镜在胃内存在很多的盲点而无法完成全胃的检查。磁控胶囊内镜通过外部磁场的作用控制其在胃内各个方向的运动，可大大减少拍摄盲区，提高诊断率。临床常用磁控胶囊内镜及性能见表1-2。

表1-2 临床常用磁控胶囊内镜及性能

参 数	PillCam	EndoCapsule	NaviCam	MiroCam
生产国家	以色列	日本	中国	韩国
厂 商	Given Imaging	Olympus	安翰	IntroMedic
磁控方式	手柄式	MRI式	机械臂式	手柄式
胶囊大小（mm）	26.3 × 11.4	31.0 × 11.0	27.0 × 11.8	24.0 × 11.0
胶囊重量（g）	3.4	—	5.0	3.4
电池寿命（h）	≥ 8	12	12	12
拍摄频率（帧/秒）	2	4	2	3
视野（°）	140	145	140	150

3. 结肠胶囊内镜（colon capsule endoscopy, CCE） 传统胶囊内镜用于结肠检查的一大挑战为供电问题。传统胶囊内镜的电池续航时间多为8～12 h，到达结肠时已基本消耗完毕，无法实现全结肠的检查。解决的方法为：降低拍摄频率以延长电池寿命、增加电池数目或提高功率、延时模式电池、外源电量传送等，但增加电池数目将增加胶囊内镜的体积和重量。2006年，Given Imaging公司推出了第一代非侵入性结肠胶囊内镜（CCE-1），2009年第二代结肠胶囊内镜（CCE-2）问世，胶囊尺寸由第一代的11.0 mm × 31.0 mm增大为11.6 mm × 31.5 mm，单侧摄像头视角由156°增大到172°，并采用自适应帧率模式，在这一模式下，胶囊内镜根据运动状态切换帧率，即胶囊运动时帧率为35帧/秒，而胶囊静止时为4帧/秒，这一模式不仅节约了电池，还减轻了冗余图带来的读图负担。2017年，我国学者对磁控结肠胶囊内镜展开尝试，为结肠胶囊内镜发展提供了新思路。另外，通过电场感应、射频、微波或超声等技术可能实现胶囊的外部供电，这种技术的发展可使胶囊内镜的工作无需电池，从而减小胶囊的体积并减轻重量，并为其他功能胶囊内镜（如活检、给药）的发展提

供可能。

4. 功能胶囊内镜

(1) 活检胶囊内镜：胶囊内镜作为检查方法最大的缺陷是无法进行活检。目前活检胶囊内镜仅限于动物实验或体外模拟试验，其工作原理为在胶囊内镜上装置一个可收缩的微型活检装置（如活检钳爪式、活检剃刀式、中空细针式等），能够钳取组织，并能够将组织样本回收进胶囊而带出体外。

(2) 治疗胶囊内镜：近年来，治疗性胶囊内镜成为研究的热点。2008年Valdastri等首次报道了胶囊内镜治疗消化道出血的体内试验，他们利用磁场控制胶囊定位，并利用镍钛合金夹子夹闭出血点。振动胶囊可通过调节结肠蠕动波缓解便秘症状。而药物运输胶囊可携带药物，运输药物至指定部位并释放，其工作原理为通过锚定机制协助准确定位（如机械锚定装置或磁控锚定装置），通过药物释放控制装置控制药物释放的速度和剂量。

胶囊内镜正在向微型化、智能化、多功能化的方向发展，随着胶囊内镜辅助技术的不断发展，胶囊内镜对疾病的诊断能力必将提升，胶囊内镜的治疗功能也将得以拓展。

（郑翠芳）

参考文献

- [1] 顾元婷, 廖专, 李兆申. 磁控胶囊内镜研究和应用进展 [J]. 中华消化内镜杂志, 2017, 2 (34): 143-145.
- [2] 国家消化系统疾病临床医学研究中心 (上海), 国家消化内镜质控中心, 中华医学会消化内镜学分会胶囊内镜协作组等. 中国小肠胶囊内镜临床应用指南 (2021, 上海) [J]. 中华消化内镜杂志, 2021, 8 (38): 589-614.
- [3] 廖专, 李兆申. 胶囊内镜20年发展和展望 [J]. 中国实用内科杂志, 2022, 42 (1): 1-7.
- [4] 廖专, 李兆申. 胶囊内镜廿年之发展: 弱冠之年, 而立之心 [J]. 中华内科杂志, 2021, 2(59): 89-94.
- [5] 吴姗, 戈之铮. 胶囊内镜的历史与发展 [J]. 中国实用内科杂志, 2018, 38 (4): 275-277.
- [6] Appleyard M, Glukhovskiy A, Swain P. Wireless-capsule diagnostic endoscopy for recurrent small-bowel bleeding [J]. N Engl J Med, 2001, 344(3): 232-233.
- [7] Bang S, Park JY, Jeong S, et al. First clinical trial of the "MiRo" capsule endoscope by using a novel transmission technology: electric-field propagation [J]. Gastrointest Endosc, 2009, 69(2): 253-259.
- [8] Blanco-Velasco G, Hernández-Mondragón OV, Solórzano-Pineda OM, et al. Which model of small bowel capsule endoscopy has a better diagnostic yield? A systematic review and meta-analysis [J]. Acta Gastroenterol Belg, 2022, 85(3): 1-9.
- [9] Blanco-Velasco G, Zamarripa-Mottú RA, Solórzano-Pineda OM, et al. Comparison in the diagnostic yield between "Pillcam SB3" capsule endoscopy and "OMOM Smart Capsule 2" in small bowel bleeding: a randomized head-to-head study [J]. Dig Dis. 2021, 39(3): 211-216.
- [10] Chen YZ, Pan J, Luo YY, et al. Detachable string magnetically controlled capsule endoscopy for complete viewing of the esophagus and stomach [J]. Endoscopy, 2019, 51(4): 360-364.
- [11] Dulai PS, Levesque BG, Feagan BG, et al. Assessment of mucosal healing in inflammatory bowel disease: review [J]. Gastrointest Endosc, 2015, 82(2): 246-255.
- [12] Duvvuri A, Desai M, Vennelaganti S, et al. Diagnostic accuracy of a novel third generation esophageal capsule as a non-invasive detection method for Barrett's esophagus: a pilot study [J]. Journal of gastroenterology and hepatology, 2020, 36(5): 1222-1225.
- [13] Eliakim AR. Video capsule endoscopy of the small bowel (PillCam SB) [J]. Curr Opin Gastroenterol, 2006, 22(2): 124-127.
- [14] Eliakim R, Fireman Z, Gralnek IM, et al. Evaluation of the PillCam colon capsule in the detection of colonic pathology: results of the first multicenter, prospective, comparative study [J]. Endoscopy, 2006, 38(10): 963-970.
- [15] Eliakim R, Spada C, Lapidus A, et al. Evaluation of a new panenteric video capsule endoscopy system in patients with suspected or established inflammatory bowel disease-feasibility study [J]. Endosc Int Open, 2018, 6(10): E1235-E1246.
- [16] Eliakim R, Yassin K, Niv Y, et al. Prospective multicenter performance evaluation of the second-generation colon capsule compared with colonoscopy [J]. Endoscopy, 2009, 41(12): 1026-1031.
- [17] Eliakim R, Yassin K, Shlomi I, et al. A novel diagnostic tool for detecting oesophageal pathology: the PillCam oesophageal video capsule [J]. Alimentary pharmacology & therapeutics, 2004, 20(10): 1083-1089.

- [18] Enns RA, Hookey L, Armstrong D, et al. Clinical practice guidelines for the use of video capsule endoscopy [J]. *Gastroenterology*, 2017, 152(3): 497–514.
- [19] Guo XD, Luo ZY, Cui HP, et al. A novel and reproducible release mechanism for a drug-delivery system in the gastrointestinal tract [J]. *Biomed Microdevices*, 2019, 21(1): 25.
- [20] Hosoe N, Takabayashi K, Ogata H, et al. Capsule endoscopy for small-intestinal disorders: current status [J]. *Dig Endosc*, 2019, 31(5): 498–507.
- [21] Iddan G, Meron G, Glukhovsky A, et al. Wireless capsule endoscopy [J]. *Nature*, 2000, 405(6785): 417.
- [22] Ionescu AG, Glodeanu AD, Ionescu M, et al. Clinical impact of wireless capsule endoscopy for small bowel investigation (Review) [J]. *Exp Ther Med*, 2022, 23(4): 262.
- [23] Liao Z, Duan XD, Xin L, et al. Feasibility and safety of magnetic-controlled capsule endoscopy system in examination of human stomach: a pilot study in healthy volunteers [J]. *J Interv Gastroenterol*, 2012, 2(4): 155–160.
- [24] Liao Z, Gao R, Li F, et al. Fields of applications, diagnostic yields and findings of OMOM capsule endoscopy in 2400 Chinese patients [J]. *World J Gastroenterol*, 2010, 16(21): 2669–2676.
- [25] Liao Z, Hou X, Lin-Hu EQ, et al. Accuracy of magnetically controlled capsule endoscopy magnetically controlled capsule endoscopy, compared with conventional gastroscopy, in detection of gastric diseases [J]. *Clin Gastroenterol Hepatol*, 2016, 14(9): 1266–1273.
- [26] Mishkin DS, Chuttani R, Croffie J, et al. ASGE technology status evaluation report: wireless capsule endoscopy [J]. *Gastrointest Endosc*, 2006, 63(4): 539–545.
- [27] Neu B, Wettschureck E, Rösch T. Is esophageal capsule endoscopy feasible? Results of a pilot [J]. *Endoscopy*, 2003, 35(11): 957–961.
- [28] Oliva S, Cohen SA, Di Nardo G, et al. Capsule endoscopy in pediatrics: a 10-years journey [J]. *World J Gastroenterol*, 2014, 20(44): 16603–16608.
- [29] Pai AK, Jonas MM, Fox VL. Esophageal capsule endoscopy in children and young adults with portal hypertension [J]. *J Pediatr Gastroenterol Nutr*, 2019, 69(6): 641–647.
- [30] Pennazio M, Santucci R, Rondonotti E, et al. Outcome of patients with obscure gastrointestinal bleeding after capsule endoscopy: report of 100 consecutive cases [J]. *Gastroenterology*, 2004, 126(3): 643–653.
- [31] Son D, Gilbert H, Sitti M. Magnetically actuated soft capsule endoscope for fine-needle biopsy [J]. *Soft Robot*, 2020, 7(1): 10–21.
- [32] Spada C, Spera G, Riccioni M, et al. A novel diagnostic tool for detecting functional patency of the small bowel: the Given patency capsule [J]. *Endoscopy*, 2005, 37(9): 793–800.
- [33] Zhang YP, Zhang YN, Huang XJ. Development and application of magnetically controlled capsule endoscopy in detecting gastric lesions [J]. *Gastroenterol Res Pract*, 2021, 2021: 2716559.