

“十二五”国家重点图书

# 半月板

## The Meniscus



原著 Philippe Beaufils  
René Verdonk

审校 胡跃林  
主译 黄宁庆



北京大学医学出版社

“十二五”国家重点图书

# 半月板

## The Meniscus

原 著 Philippe Beaufils  
René Verdonk

审 校 胡跃林

主 译 黄宁庆

副主译 张国秋 曹志强

译 者 (以姓氏笔画为序)

王登文 张 渊 张国秋 李得春

杨 晓 赵子春 唐保明 黄宁庆

曹志强



北京大学医学出版社

BANYUEBAN

图书在版编目 ( CIP ) 数据

半月板 / (法) 博菲斯 (Beaufils, P.), (比) 韦尔东克 (Verdonk, R.) 原著; 黄宁庆主译. —北京: 北京大学医学出版社, 2013. 7

书名原文: The Meniscus

ISBN 978-7-5659-0640-4

I . ①半… II . ①博… ②韦… ③黄… III . ①半月板 - 关节损伤 - 外科手术 IV . ①R683

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 211159 号

北京市版权局著作权合同登记号: 图字: 01-2012-4723

Translation from the English language edition:

The Meniscus

By Philippe Beaufils, René Verdonk

Copyright © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2010

Springer is a part of Springer Science + Business Media

All rights reserved.

This translation is published by arrangement with Springer-Verlag GmbH.

This book may not be sold outside the People's Republic of China.

Simplified Chinese translation Copyright © 2013 by Peking University Medical Press.

All rights reserved.

## 半月板

---

主 译: 黄宁庆

出版发行: 北京大学医学出版社 (电话: 010-82802230)

地 址: (100191) 北京市海淀区学院路 38 号 北京大学医学部院内

网 址: <http://www.pumpress.com.cn>

E-mail: [booksale@bjmu.edu.cn](mailto:booksale@bjmu.edu.cn)

印 刷: 北京画中画印刷有限公司

经 销: 新华书店

责任编辑: 冯智勇 责任校对: 金彤文 责任印制: 张京生

开 本: 889mm × 1194mm 1/16 印张: 21 字数: 607 千字

版 次: 2013 年 10 月第 1 版 2013 年 10 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-5659-0640-4

定 价: 228.00 元

版权所有, 违者必究

(凡属质量问题请与本社发行部联系退换)

## 译者前言

在经历多次审稿及校正后,《半月板》一书的中文版终于和读者见面了。首先,要感谢我的老师胡跃林教授,他在百忙中审校并全程指导了本书的翻译工作。

本书原版由国际著名出版公司 Springer 公司出版,是国内外首部关于半月板的专题著作。其内容涉及半月板相关基础科学、影像学、临床诊治等各个方面,作者均为相关领域国际知名专家,学术态度十分严谨,相信读者会从本书中获益不少。

本书内容全面详尽,其中关于半月板损伤修复及术后康复、儿童半月板损伤、半月板退行性变、半月板囊肿、半月板同种异体移植、人工合成支架内植物等内容在以往学术著作中较少提及,而在本书中这些内容均为分章节论述。书中配有大量插图及手术照片,易于读者阅读和理解相关内容。

目前在我国,半月板损伤的治疗水平仍落后于国外先进水平,一些新近推出的半月板缝合修复技术及半月板组织替代治疗技术在国内尚未得以广泛开展。本书对各种半月板缝合修复技术、半月板同种异体移植技术及人工合成支架内植物技术进行了详细论述,希望读者能通过本书开阔视野、有所收获。半月板相关基础科学在本书中占有一定的篇幅,可供读者在相关基础研究中借鉴和参考。

在本书翻译过程中,一些相关专业名词仍存在争议,书中错误之处在所难免,希望读者批评指正。

译者  
2013年10月

# 致 谢

首先，我要感谢所有本团队曾经或现有的成员。经过历年来无数次的探讨、研究、相关论文发表及临床研究，我们在半月板损伤诊治的各个领域取得了很多成果，现将我们历年来的研究成果通过本书与各位读者进行交流。

我还要感谢参与本书编写的各位作者，是他们付出了时间和精力并经过多次会议协商及探讨最终完成了本书的编写工作。

Nicolas Pujol 和 Andrzej Podgorski 参与了本书的最后校正，感谢两位对此书做出的贡献。

此外，要感谢 Karolien Bral 和 Jocelyne Herruel 对本书编辑及相关论文整理做出的贡献。

最后，感谢 Iris Wojtowicz 对非英文相关文献的整理工作，使本书语言流畅、易于阅读，感谢她为本书做出的辛勤工作。

本书由欧洲运动创伤、膝关节外科及关节镜学会（European Society for Sports Traumatology, Knee Surgery and Arthroscopy, ESSKA）、法国关节镜学会（Société Française d'Arthroscopie, SFA）和比利时关节镜学会（Arthroscopie Belge/Belgische Artroscoopie Association, ABA）发起编写，这些学会对我们的工作及会议相关论文提供方面给予了大力支持。

我们的工作成就与这些科学机构和学者的大力支持是分不开的。

**Ghent, Belgium René Verdonk, MD, PhD**

**Versailles, France Philippe Beaufils, MD**



Société Française  
d'Arthroscopie

# 原著序

近 120 多年来对于半月板损伤的诊治在学术界经历了不断的科学探索和实践以及不断的学术争论，学者们对其的认识主要经历了以下几个阶段：

- 最早有学者首先尝试手法复位以恢复由于半月板桶柄样撕裂或瓣状裂所致膝关节绞索症状。
- 一些著名的骨科医师对数以千计的半月板损伤患者行“半月板切除术”并将手术切除的标本收藏于玻璃标本罐中。
- Mandic 发现有些患者行半月板全切除术后局部可再生形成新月形半月板样组织，因此 Smillie 提出半月板撕裂患者应行全部切除术，由此引发了行仅切除病变部分的部分切除术与行半月板全切除术之间的激烈争论。
- Trillat 提出的半月板病变内部切除术是半月板诊治史上的另一个“里程碑”。该术式保留了半月板外周缘环形分布的纤维组织，术后半月板关节囊连接部与胫骨和股骨之间的连接结构完整，术后膝关节旋转稳定性得以更多保留。

在半月板全切除术成为临床上半月板损伤的主流处理技术时，即有学者开始了一些保留半月板组织的尝试。Thomas Annandale 和 Moritz Katzenstein 分别于 1883 年和 1908 年尝试缝合修复半月板损伤，后者取得了良好的临床效果。1921 年，Eugen Bircher 首次使用标准 Jacobaeus 腹腔镜对膝关节内紊乱患者行镜下探查术。

目前，人们已经认识到半月板在维持膝关节功能如屈伸活动、应力传导、旋转稳定性等方面的重要性。

Kapandji 在数十年前即提出，内、外侧半月板及其与前、后交叉韧带之间的连接结构呈“8”字形，其中包括位于后交叉韧带前方的前半月板股骨韧带即 Humphrey 韧带和后方的 Wrisberg 韧带，目前学者们对此结构已有了普遍认识。

前、后交叉韧带力矩较短，不能有效控制膝关节旋转活动，但其与相连接的半月板协同作用可起到维持膝关节旋转稳定性的作用。

基于对以上机制的正确认识，学者们意识到了对前交叉韧带撕裂合

并半月板损伤行切开或镜下修复处理的重要性。

因此，我们应尝试修复半月板组织或至少保留其功能部分，必要时行内植物或同种异体半月板移植替代治疗以维持半月板的功能完整性。本书由 René Verdonk 和 Philippe Beaufils 主持编撰，书中向读者全面介绍了半月板的解剖、功能、损伤分型以及对于半月板病变损伤正确诊断及合理治疗具有指导意义的相关检查技术（物理检查及临床表现、X线、MRI、CT、关节造影技术、骨扫描等）。

本书用了很大的篇幅详细阐述了半月板损伤的手术处理技术及术后评估，并对相关手术处理的临床结果进行了总结分析。对半月板创伤性损伤伴随或不伴随膝关节不稳定症状及伴膝关节退行性变的半月板创伤性损伤的手术指征进行了详细的讨论。

本书在对半月板切除术后膝关节功能评估及半月板成形术进行详细论述后，对儿童半月板病变这一重要内容进行了分章节讨论，结尾对半月板损伤的治疗进展如相关动物实验模型、组织工程学及基因治疗进展进行了详尽论述。

本书所有章节均由该领域国际知名专家撰写，相信读者会从本书获益匪浅。

**Werner Müller**

## 原著前言

半月板在临床上长期被人们所忽视!

以往在临床上对半月板损伤患者往往行半月板切除术,且多数行半月板全切除术。大多数临床医师采用此“简单、有效”且患者术后恢复“较快”的方法处理半月板损伤。采用这种错误处理方法的原因是医师对半月板的生物力学重要性缺乏正确的认识。

Fairbank 对半月板切除后的不良效果进行了研究;Smillie 和 Noble 对半月板损伤进行了相关研究并认为半月板存在“老化”改变;Trillat 提出了半月板损伤的分型系统和半月板病变切除的处理方法(首次提出了半月板部分切除的概念);Watanabe 对半月板异常形态进行了详细研究并对盘状半月板这一异常病变对膝关节整体产生的不良影响及需行相关手术处理的必要性进行了详细阐述。

至 20 世纪 70 年代和 80 年代,关节镜技术和磁共振成像技术取得了革命性的发展和进步。应当强调的是关节镜技术在 MRI 技术推出之前即已被应用于半月板损伤的诊断和治疗,目前半月板损伤的诊治流程(物理检查→MRI 检查→关节镜手术探查及相关处理)与以往相比已有所不同。关节镜技术在半月板损伤的诊断方面具有重要的作用。

这些技术的不断改进使人们对半月板损伤的病理学、诊断技术及处理原则有了更进一步的了解和认识,使得目前临床上半月板损伤治疗后并发症不断减少。和所有技术革新一样,这些灵敏度较高的新技术的应用也带来了一些不良效应,患者可能将会在诊治过程中面临更多的手术处理,如可能行多次半月板部分切除术等。

总的来说,这些改进技术的应用利大于弊。目前人们已经认识到半月板对于维持膝关节正常生物力学功能具有的重要作用,半月板病变损伤存在多种临床类型且各种病变类型的处理原则也各不相同。

这些认识促使学者们提出了尽可能保留半月板组织的治疗理念,其主要包括以下三个方面:应尽可能行半月板部分切除术;如可能应充分利用镜下操作技术的优势尝试缝合修复半月板损伤;某些半月板损伤可暂不处理。1885 年 Annandale 首次行半月板损伤手术修复,到目前半月板缝合修复技术已更为成熟,由以往切开缝合修复到镜下辅助切开入路下缝合修复,现在已完全可以利用镜下全内修复技术对半月板损伤进行



缝合修复，全内修复技术目前已在临床上得到了广泛的应用。半月板切除术、手术修复或保守治疗的适应证及相关处理的预后结果目前已十分明确。

儿童半月板损伤的诊治相对复杂，包括对半月板发育异常和半月板创伤性损伤的诊治，年少患者行半月板切除术将可能导致“灾难性”后果。目前儿童半月板全切除术在临床上已被彻底废弃，儿童保留半月板治疗技术目前已有所改进。

至 20 世纪 80 年代末期及 20 世纪 90 年代，欧洲开始有学者尝试行半月板组织替代治疗，德国 (C. Wirth) 学派和比利时 (R. Verdonk) 学派为此领域的先驱。此新近推出的治疗方法引起了学者们的广泛关注，主要致力于对临床上处理较为棘手的半月板切除术后仍存在症状患者的处理。早期半月板替代治疗主要是行同种异体移植，最近有学者尝试采用人工合成替代物移植治疗半月板局部缺损，此治疗方法引起了学者们的关注，但该治疗方法要大规模推广尚待进一步的临床验证。

虽然目前有很多关于前交叉韧带、膝关节骨性关节炎及全膝关节置换等方面的著作，但尚无关于半月板的专题著作。因此我们就有了填补此项著作空白并将半月板相关知识进行归纳总结的设想。本书的目的是与读者分享我们两个团队 (Ghent, 比利时; Versailles, 法国) 关于半月板病理学的研究成果及治疗经验。本书很多章节由我们两个团队目前和曾经的成员撰写完成，我们希望籍此使本书内容具有一定的条理性。此外我们在欧洲和美国的其他经验丰富的同仁也对本书的撰写做出了贡献，在此对他们的辛勤工作表示感谢。

本书按照从半月板相关基础科学到半月板移植的顺序分章节撰写，包括半月板相关病理学、半月板损伤临床表现和影像学表现、半月板损伤的治疗方法及预后评估、半月板损伤的手术指征、儿童半月板病变损伤这一特殊类型以及临床医师普遍感到棘手的半月板切除术后有症状患者的处理等内容。每章节后小结对本章主要观点及一些目前仍存在争论的问题和我们对这些问题的观点予以简要归纳。当然，这并非说明我们对所有相关问题都已囊括，一些半月板病变损伤的重要观点也可能被忽略，但我们希望本书的出版有利于读者在今后临床工作中对半月板损伤的诊治过程有一个全新、彻底和正确的认识。

**Versailles, France Philippe Beaufils, MD**  
**Ghent, Belgium René Verdonk, MD, PhD**

# 目 录

## 第 1 部分 基础科学

- 1.1 个体发生与种系发生学 .....2
- 1.2 解剖学 .....8
- 1.3 组织超微结构及生物学 .....15
- 1.4 生物力学 .....23
- 1.5 总结 .....31

## 第 2 部分 半月板损伤分型

- 2.1 创伤性半月板损伤：膝关节稳定，前交叉韧带完整 .....34
- 2.2 半月板退行性病变——半月板囊肿 .....38
- 2.3 半月板与骨性关节炎 .....46
- 2.4 总结 .....51

## 第 3 部分 术前物理检查和影像学检查

- 3.1 物理检查和标准 X 线检查 .....54
- 3.2 MRI、MRI 关节造影和 CT 关节造影检查 .....59
- 3.3 骨扫描 .....71
- 3.4 总结 .....75

## 第 4 部分 手术技术

- 4.1 内、外侧半月板切除术 .....78

- 4.2 半月板修复生物力学 .....82
- 4.3 半月板修复：手术技术 .....92
- 4.4 半月板修复技术：促进半月板愈合 .....101
- 4.5 半月板囊肿 .....107
- 4.6 康复 .....115
- 4.7 总结 .....122

## 第 5 部分 术后评估

- 5.1 功能及客观评分：生活质量评估 .....124
- 5.2 术后影像学评估：X 线、CT 关节造影、MRI 关节造影 .....130

## 第 6 部分 临床结果

- 6.1 半月板切除术：临床结果和并发症 .....138
- 6.2 半月板修复术中及术后并发症 .....151
- 6.3 半月板修复：临床结果 .....158

## 第 7 部分 成人手术适应证

- 7.1 膝关节稳定的创伤性半月板损伤：保守治疗、半月板切除及修复术 .....166
- 7.2 创伤性半月板损伤伴前交叉韧带损伤：保守治疗、半月板切除、半月板修复术 .....171
- 7.3 膝关节稳定的半月板退行性损伤 .....179
- 7.4 膝关节灌洗、清理术与骨性关节炎 .....184
- 7.5 总结 .....190

## 第 8 部分 儿童半月板病变损伤

- 8.1 儿童盘状半月板与半月板撕裂分型 .....194
- 8.2 盘状半月板组织学 .....200
- 8.3 儿童半月板成形术和半月板撕裂修复技术  
.....203
- 8.4 儿童半月板损伤的手术指征和疗效 .....212
- 8.5 总结 .....218

## 第 9 部分 半月板切除术后膝关节 内并发症的处理

- 9.1 半月板切除术后骨坏死的诊断和处理 ...222
- 9.2 外侧半月板术后早期和晚期膝关节并发症  
的处理 .....232
- 9.3 总结 .....238

## 第 10 部分 半月板同种异体移植 重建术

- 10.1 基础研究 .....242
- 10.2 供体类型、保存及配送 .....251
- 10.3 法国半月板移植组织机构 .....258

- 10.4 切开半月板移植技术 .....262
- 10.5 关节镜下无骨栓固定移植技术 .....266
- 10.6 镜下骨栓固定半月板移植技术 .....273
- 10.7 临床结果及手术指征 .....278

## 第 11 部分 半月板替代物重建

- 11.1 Menaflex™ 胶原半月板移植替代物：  
基础研究 .....294
- 11.2 胶原半月板移植手术技术及临床效果  
.....298
- 11.3 Actifit, 聚氨酯半月板内植物：基础  
研究 .....306
- 11.4 聚氨酯半月板内植物手术技术 .....311
- 11.5 总结 .....317

## 第 12 部分 未来展望

.....319

## 第 13 部分 结 论

.....321

索引 .....323

---

# 第 1 部分 基础科学

# 1.1

## 个体发生与种系发生学

B. Lebel, C. Tardieu, B. Locker, C. Hulet

### 引言

膝关节解剖结构的出现可追溯至约 3 亿年前，原始总鳍鱼（Sarcopterigian lobe-finned fish）体内的骨盆附件<sup>[7]</sup>。全面了解半月板的解剖及其组织学特性是理解其功能的前提，而进一步深入了解半月板-半月板周围韧带复合体的种系发生学及个体发生学特点则是明确其解剖特性与功能特点之间联系的关键<sup>[4]</sup>。半月板是膝关节重要的固定及重力传导装置。其基本功能是传导胫股关节接触应力（contact forces），这些功能是通过半月板特定的组织、形态结构及半月板周围连接结构实现的。活体膝关节力学研究表明，膝关节具有滚动及滑动功能，随着膝关节屈曲角度增大，其胫股关节接触面向后方移位，膝关节深度屈曲时内、外侧半月板也进一步沿胫骨平台向后移位。外侧半月板向后移位（ $8.2 \pm 3.2\text{mm}$ ）程度大于内侧半月板（ $3.3 \pm 1.5\text{mm}$ ）<sup>[33]</sup>。这种膝关节内、外侧间室的力学不对称特性，存在于人类和其他多种现存的哺乳动物膝关节，其直接作用是

随着膝关节屈曲角度增加，胫骨产生相对于股骨的内侧旋转运动。Tardieu 认为<sup>[27]</sup>，人类具有三个明显的起源于猿人（hominid features）的胫股关节特性，这些特性与其双足直立行走步态相关。其中一个特点就是外侧半月板的演化出现及其在胫骨平台的双重止点。本章将揭示并详细描述半月板的种系发生学、形态发生学特点以及盘状半月板这一特殊类型。

### 半月板种系发生学

人类半月板复杂的功能形态学特性并非其所独有。人科动物（hominds）与现存四足动物（tetrapods）在膝关节复杂且不对称的形态学进化特点方面存在相似之处<sup>[9]</sup>，四足动物包括：两栖动物、爬行动物、鸟类和哺乳动物。人类膝关节与鸟类就有相似的形态特征，如前交叉韧带的发生、不对称的侧副韧带、半月板和髌骨的发生等<sup>[11]</sup>。人类和鸟类膝关节解剖结构的相似说明二者在遗传学方面存在联系，其远古共同祖先应该具有这些解剖特征。

Haines 对四足动物膝关节解剖形态进行了深入的研究<sup>[10]</sup>，并于 1942 年发表了著名的四足动物膝关节解剖研究论著。Mossman 和 Sargeant 描述了现存主要四足动物的膝关节形态在种系发生学方面的联系<sup>[18]</sup>。他们认为，现存爬行类动物、鸟类、哺乳类动物的共同祖先应为二叠纪引螈（Eryops）。引螈的膝关节与凯门鳄（crocodilus）结构相似，鳄鱼半月板为位于股骨与胫骨之间的团状结构，前方有半月板间韧带（intermeniscal

B. Lebel (✉)

B. Locker

C. Hulet

Département de Chirurgie Orthopédique et Traumatologique, CHU de Caen, Avenue de la Cote de Nacre, 14033 Caen, France  
e-mail: lebel-b@chu-caen.fr

C. Tardieu

UMR 7179 “Mécanismes adaptatifs: des organismes aux communautés” USM 301 – Département E.G.B., Muséum National d’Histoire Naturelle, Pavillon d’Anatomie Comparée, 55 Rue Buffon, 75005 Paris, France

ligament) 连接, 通过半月板外周缘、半月板股骨韧带 (meniscofemoral ligament)、半月板胫骨韧带 (meniscotibial ligament) 与内侧关节囊表面相连。蜥蜴的半月板则与之有较大差异, 其外侧半月板为一连续团块状结构, 将股骨与胫骨完全分开, 而内侧半月板为环状结构, 中心有交叉韧带结构穿过, 外侧半月板通过后腓骨-半月板韧带与腓骨相连。此两类物种半月板解剖形态及膝关节活动特性存在明显差异, 这说明形态与功能在生物进化过程中存在关联性。

和引螈一样, 哺乳动物的祖先包括盘龙 (Pelycosaurs), 如长棘龙 (Dimetrodon) (其背部为帆状结构)<sup>[18]</sup>。在 2.15 亿年至 7 千万年前的中生代 (Mesozoic era), 哺乳动物祖先和恐龙的股骨出现内旋, 此改变导致哺乳动物祖先和恐龙的膝关节像现代人类一样, 成为身体前方的顶点。这是肢体在进化过程中相对于脊柱发生的决定性位置变化: 四肢由横向分布演化为沿矢状面平行分布。在新生代 (Cenozoic era) 早期的蜥蜴、鸟类和哺乳类动物化石中可发现独立的骨性髌骨<sup>[22]</sup>。观察黑熊的膝关节, 可以发现其与人类膝关节十分相似的典型的哺乳动物膝关节形态特点<sup>[19]</sup>。在从灵长类进化为人类的过程中 (图

1.1.1), 猿人在 300 万 ~ 400 万年前即南方古猿时期 (Lucy) 进化为直立两足行走, 至今约 130 万年前, 现代人髌股关节进化完成, 其特点是较长的髌骨外侧缘, 及其与外侧股骨滑车的形态匹配<sup>[29]</sup>。

人类胫股关节具有三个源于猿人且与双足直立行走相关的形态特征。(1) 股骨内外髌之间存在夹角, 与之相比黑猩猩股骨内外髌之间夹角为直线; (2) 髌股切迹的形态, 黑猩猩为扁平状, 而人类呈沟状; (3) 外侧半月板在胫骨平台有双重止点, 人类外侧半月板胫骨后侧止点的出现限制了其在胫骨平台上的移动度。在人类日常膝关节屈伸活动中此结构可限制外侧半月板过度向前滑动<sup>[26]</sup>, 在股骨相对于胫骨内旋运动时, 此结构可将外侧半月板强有力地牵向前方, 在膝关节处于伸直位时, 后侧止点可限制外侧半月板继续向前滑动<sup>[27]</sup>。外侧半月板后侧止点位于胫骨外侧髌间棘后方, 这是人类相对于现有其他哺乳类动物特有的遗传进化结构 (图 1.1.2)。人类膝关节半月板股骨韧带和交叉韧带的演化形成对于加强外侧半月板后方的稳定性具有重要作用。在膝关节外侧, 外侧半月板股骨韧带的胫骨附着部及其在后外侧沟的附着使之相比于黑猩猩外侧半月板具

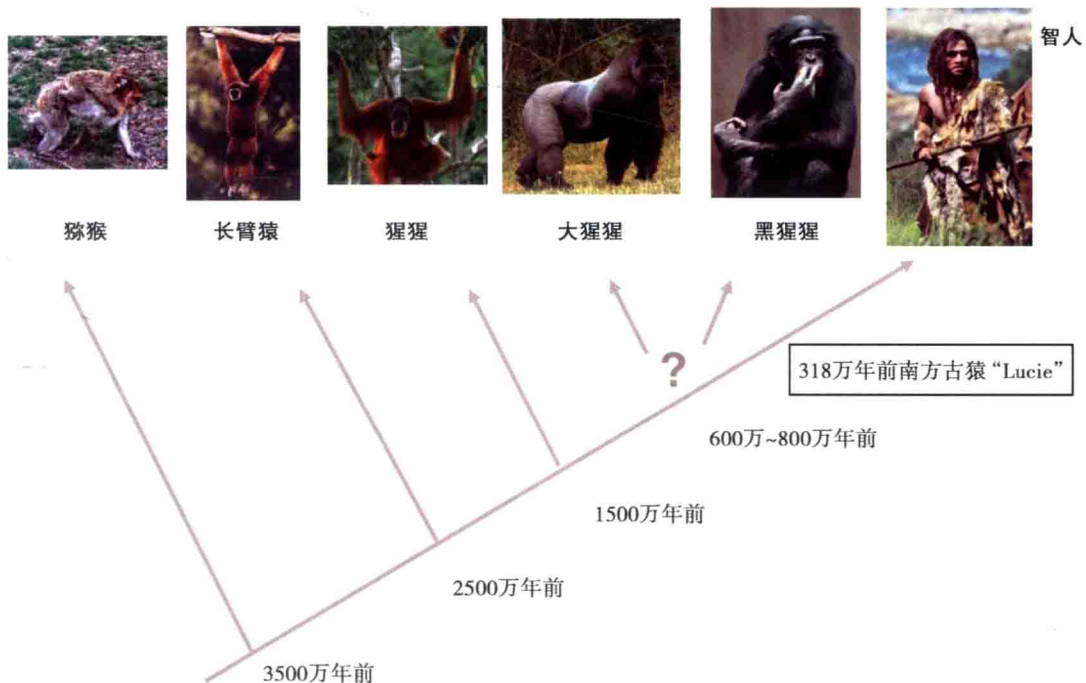


图 1.1.1 灵长类动物进化为智人的过程

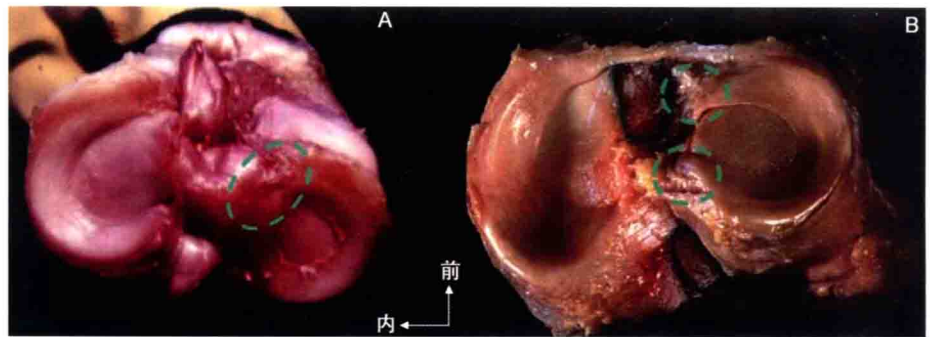


图 1.1.2 人类 (B) 与黑猩猩 (A) 半月板形态对比, 绿色环状区域为外侧半月板止点

有更好的稳定性。事实上,除了人类,其他灵长类动物双足行走时无法完全伸直膝关节,仅四足行走时膝关节可以完全伸直。

但需注意,陆生南方古猿的两足直立行走与其在树上的攀爬能力相关,这与现代人类的直立行走特点并不相同<sup>[25]</sup>。Tardieu 经研究后发现了这种从暂时性的两足直立行走到持续行走之间的过渡形式,灵长类动物和其他哺乳类动物都存在位于膝关节内侧和外侧的两个纤维软骨样半月板组织结构,所有灵长类动物的内侧半月板形态都十分相似,呈新月状且有两个胫骨止点,这与智人 (*Homo sapiens*) 无太大区别。相比而言,不同物种的外侧半月板在形态和胫骨止点方面存在很大差异。解剖学研究发现,现有灵长类动物外侧半月板有三种不同的形态表现<sup>[21,28,30]</sup>。狐猴 (lemuriforms)、跗猴 (*Tarsius*)、阔鼻猴 (platyrrhines) 和黑猩猩 (*Pongo*) 外侧半月板呈新月状,有一个胫骨外侧髁间棘前方止点。狭鼻类灵长目动物 (catarrhines) 除了黑猩猩和人类以外,外侧半月板均呈环状,在外侧髁间棘前方有一个止点。只有现代人类,其外侧半月板呈新月状并且在胫骨外侧髁间棘前后有两个止点 (图 1.1.3)。化石研究为人科动物外侧半月板从胫骨单止点向双止点的过渡提供了证据,南方古猿化石研究分析表明其外侧半月板在胫骨平台上为单止点,而早期智人则为双止点。这种结构特征说明智人已具有了从站立到双足摆动行走过程中膝关节习惯性的完全伸直活动的的能力<sup>[20]</sup>。

当然,双足直立行走还有其他相关的结构特点。现代智人与其他灵长类动物在下肢解剖形态方面存在很多差异。与人类相比,其他灵长类动物直立行走时膝关节处于屈曲状态,因此其股骨干骺端形态也应与人类存在差异。在灵长类向现

代智人进化过程中,下肢由膝关节外展向内收演化过渡,股骨逐渐出现约  $7^\circ$  的解剖外翻角。非人灵长类动物股骨外侧髁更为圆滑、髁间窝较浅、无髁间成角,而与之相比人类股骨滑车外侧唇更高。而且人类膝关节外侧胫骨平台凹陷度较小。所有这些改变与相应的骨盆进化改变保持一致,尤其是人类髌臼间距变小。Tardieu 认为,股骨内、外侧髁夹角改变是由于功能特性改变所致的渐成性基因突变的结果,在其形成 300 万年以来即再未出现进一步的相关染色体突变<sup>[27]</sup>。在今天人类在婴儿时期就已发育形成此外侧股骨滑车唇增高的形态特征。但其在进化初期可能是通过渐成的基因突变获得,而后逐渐演化成为“遗传耐受”<sup>[29]</sup>。

## 半月板个体发生学

尽管目前已有许多非人类脊椎动物膝关节发生的纵向发展研究,但关于半月板个体发生学的文献研究数据仍较少<sup>[16]</sup>, Gardner 和 O'Rahilly<sup>[8]</sup>、McDermott<sup>[15]</sup> 及其他学者对自胚胎早期即已开始的膝关节胚胎发育过程进行了系统描述,这些研究多集中于胚胎发生方面 (即胚胎期前 3 个月内)。Clark 和 Ogden<sup>[5]</sup> 研究了人类半月板自胚胎形成至出生后的发育过程及相关的解剖学及组织学特点,其研究数据揭示了半月板在个体生长过程中的发生、发展变化。

人体胚胎附肢骨最初是一团连续性结构,原始基团之间没有空隙或关节相分隔。随着间叶细胞开始出现软骨化改变,在肢体相应的关节区域也将发生连续性变化并最终形成中间区结构<sup>[32]</sup>。此中间区结构分为三层:两层软骨形成的相互平行区域及中间区,中间区结构较疏松,可进一步演化为关节内结构如半月板、交叉韧带等。

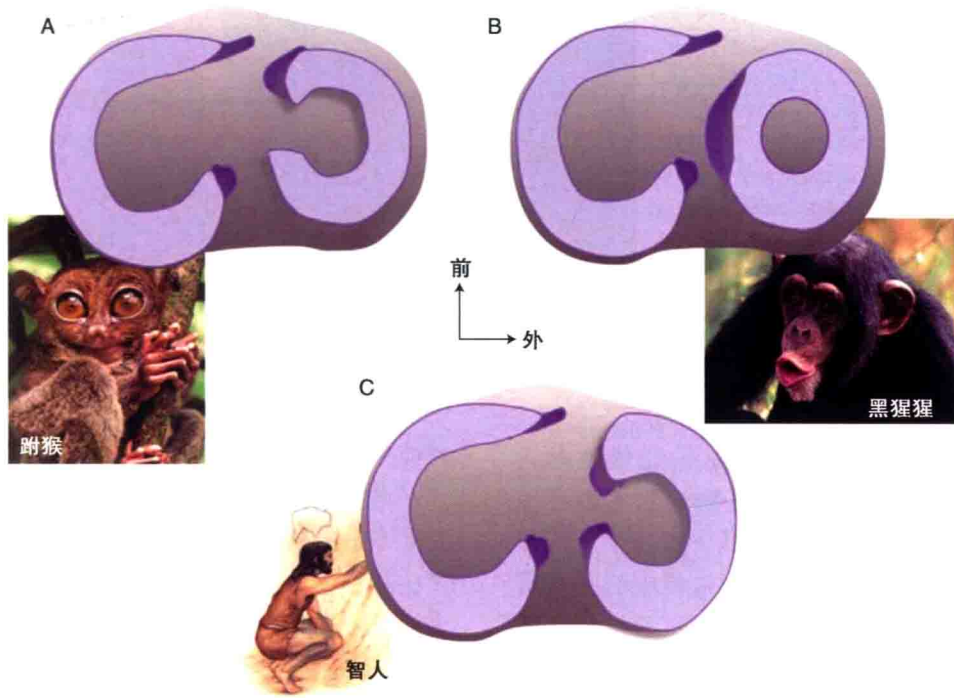


图 1.1.3 现存灵长类动物半月板的三个明显形态学特征。(A) 外侧半月板新月形并有一个解剖止点；(B) 外侧半月板环状；(C) 外侧半月板新月状，有两个止点

Clark 和 Odgen<sup>[5]</sup> 提出，外侧半月板后止点在孕 8 周即已发育完成。这与文献中关于双侧半月板及其形态结构在胚胎早期即已发育完成的观点相一致。下肢芽在孕 4 周即已形成，到孕 6 周，股骨、胫骨、腓骨软骨化开始，在这一时期膝关节为一团状胚芽细胞群。胚胎着床后约 7.5 周半月板基本结构即已形成，半月板周围韧带复合体等附属结构在胚胎第 8 周发育完成<sup>[8]</sup>。

半月板大体形态在胚胎期即已发育完成，在此过程中外侧半月板并未出现过“盘状”形态。在发育过程中，半月板面积与胫骨平台面积之比例及内侧半月板与外侧半月板面积的比例保持恒定。胚胎第 8 周时，半月板富含细胞且核浆比很高，此时半月板关节囊连接部位富含血管。在胚胎期，整个半月板内可见血管分布。我们在法国关节镜学术会议报道，经荧光技术分析证实<sup>[3]</sup>，在出生时半月板血供无突然变化（图 1.1.4），出生后半月板的主要变化是进行性的去血管化、半月板细胞成分减少以及胶原成分增多<sup>[5]</sup>。半月板血管分布与神经分布相一致。Assimakopoulos 等<sup>[1]</sup> 研究成年人半月板，发现游离神经末梢主要分布于半月板外周及体部中 1/3，在半月板前、后角可

发现三种带包囊的机械感受器。

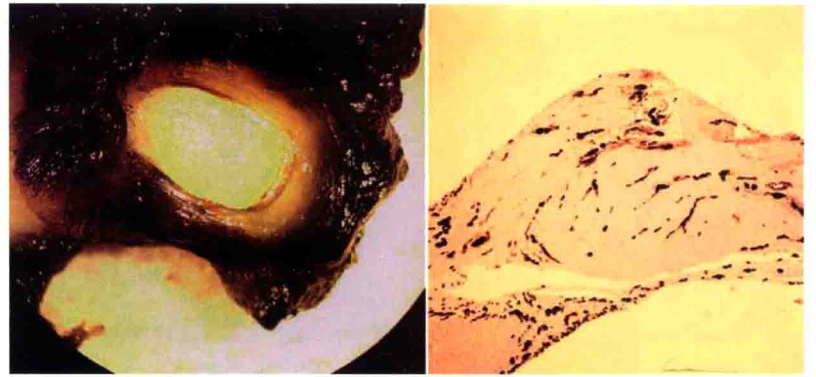
胎儿半月板大多数胶原纤维沿半月板长轴环形排列分布。辐射状分布纤维主要位于半月板表面，其功能是防止半月板纵向撕裂<sup>[4]</sup>。部分辐射状纤维可改变方向，呈垂直走行穿入半月板内部，此类型纤维在儿童开始行走时可发生较大变化。Ingman 等<sup>[12]</sup> 研究了人类老年退行性变半月板蛋白成分的变化后得出结论：胶原蛋白与非胶原蛋白的比例随着年龄增长降低，结果导致半月板抗张强度降低。这些变化在新生儿和儿童中表现最为明显。儿童“年轻半月板”的生物力学及血液供应特点决定了其损伤发生率较低，而且儿童半月板损伤后愈合能力也较青少年及成人高。因此，在儿童半月板损伤处理时应尽量考虑给予缝合修复。

### 特殊病例：盘状半月板

盘状半月板是半月板的一种形态学变异且多见于外侧半月板<sup>[6]</sup>。Young 于 1889 年首次描述了盘状半月板病变<sup>[34]</sup>。据报道，其在行关节镜手术患者中发生率为 0 ~ 20%（图 1.1.5）。



图 1.1.4 人胚胎内侧半月板血供情况 (胚胎 21 周)。左图显示血管在关节囊半月板连接部位清晰可见; 右图显示使用免疫荧光分析法见内侧半月板前角血管分布情况



盘状半月板的病因目前尚不十分清楚, Smillie<sup>[24]</sup>报道的 1300 例行半月板切除术患者中 29 例为遗传性盘状半月板, 他认为盘状半月板只是胚胎期半月板软骨盘正常发育过程中的一个特定阶段。Kaplan<sup>[13,14]</sup>通过研究人类胚胎组织、死胎、早产儿和足月产婴儿后得出结论: 盘状半月板是一种特定的病理改变, 其发生由特定的环境因素导致并有相关的机械因素参与。Ross 等<sup>[23]</sup>认为其发生是在胚胎形成早期, 未分化的间充质在形成软骨的过程中形成盘状结构。而事实上 Clark 和 Ogden<sup>[5]</sup>结合多数胚胎学研究结果发现, 半月板在正常胚胎发生过程中并未呈现过盘状结构形态。

通常, 外侧盘状半月板后角与胫骨平台无连接, 取而代之的是连续的 Wrisberg 韧带 (半月板股骨韧带, menisiofemoral ligament) 成为半月板后角与股骨内侧髁的连接结构, 而这在除了人类以外的哺乳类动物则属于正常结构。盘状半月板胫骨止点缺如可以看做是一种返祖突变。综上所述, 半月板及其胫骨止点在胚胎早期甚至是膝关节发育形成之前即已发育完成。因此, 盘状半

月板病变的形成多是由于遗传因素所致。

盘状半月板病变有多种分型系统, 目前常用的是 Watanabe 等<sup>[31]</sup>1978 年提出的分类方法。主要存在三种病变类型: (1) 完全型, 圆盘状半月板中央部分薄且完全覆盖于胫骨平台; (2) 不完全型, 新月状半月板部分覆盖于胫骨平台; (3) Wrisberg 型, 半月板移动性较大, 胫骨后附着结构缺如。1998 年, Monllau 等<sup>[17]</sup>在前述基础上进一步提出第四种病变类型: 环状半月板。最近, Beaufils 等<sup>[2]</sup>提出了盘状半月板的改进分型, 病变仍分为以上四类, 主要根据外侧盘状半月板的形态、附着及稳定性等特性进行分型。Good 等<sup>[9]</sup>提出了一个有趣的分型系统, 主要根据半月板前方和 (或) 后方稳定性进行分类。前角游离应该是一种遗传缺陷表现, 也可能是由于半月板附着点局部张力过大所致。病理学检查发现, 盘状半月板组织常表现为原发性退行性改变。目前仍不清楚这种原发性退行性变是半月板内在原因 (遗传因素), 还是由于异常半月板的力学特性所致的获得性反应, 或两种因素皆有作用。



图 1.1.5 外侧盘状半月板行镜下半月板成形术前及术后所见