

成人关节重建与置换 骨科核心知识

*Adult Reconstruction
& Arthroplasty*

CORE KNOWLEDGE
IN ORTHOPAEDICS



原著 Jonathan P. Garino
Pedro K. Beredjiklian

主译 吕厚山

国际牙医联盟与口腔 各科核心知识

Global Professional
& Ankyloglossy

Global Professional
Ankyloglossy



主编 李国良
副主编 李国良
编委 李国良

中国医药出版社

成人关节重建与置换

骨科核心知识

*Adult Reconstruction
& Arthroplasty*

CORE KNOWLEDGE IN ORTHOPAEDICS

原 著

Jonathan P. Garino

Pedro K. Beredjiklian

主 译

吕厚山

副主译

孙铁铮

译 者

(按姓氏笔画排序)

王 岩 吕厚山 孙铁铮

李 虎 应 明 张 卓

杨 艺 林剑浩 易传军

姜 军 钟群杰 柴 伟



人民卫生出版社

Adult Reconstruction & Arthroplasty: Core Knowledge in Orthopaedics
Jonathan P. Garino, et al.
ISBN: 978-0-323-03370-1

Copyright © 2007 by Mosby. All rights reserved.

Authorized Simplified Chinese translation edition published by the Proprietor.
ISBN: 981-272-124-X/978-981-272-124-2

Copyright © 2009 by Elsevier (Singapore) Pte Ltd. All rights reserved.

Elsevier (Singapore) Pte Ltd.
3 Killiney Road
#08-01 Winsland House I
Singapore 239519
Tel: (65) 6349-0200
Fax: (65) 6733-1817

First Published 2009
2009 年初版

Printed in China by People's Medical Publishing House under special agreement with Elsevier (Singapore) Pte Ltd.
This edition is authorized for sale in China only, excluding Hong Kong SAR and Taiwan. Unauthorized export of this edition is a violation of the Copyright Act. Violation of this law is subject to civil and criminal penalties.

本书中文简体版由人民卫生出版社与 Elsevier (Singapore) Pte Ltd. 合作出版。本版仅限在中国境内（不包括香港特别行政区及台湾）出版及销售。未经许可之出口，视为违反版权法，将受法律之制裁。

图书在版编目 (CIP) 数据

成人关节重建与置换 骨科核心知识 / 吕厚山主译. — 北京:
人民卫生出版社, 2009. 11
ISBN 978-7-117-11551-3

I. 成… II. 吕… III. 人工关节-移植术 (医学) IV. R687.4

中国版本图书馆CIP数据核字 (2009) 第133465号

门户网: www.pmph.com	出版物查询、网上书店
卫人网: www.ipmph.com	护士、医师、药师、中医师、 卫生资格考试培训

图字: 01-2008-1709

成人关节重建与置换 骨科核心知识

主 译: 吕厚山
出版发行: 人民卫生出版社 (中继线 010-67616688)
地 址: 北京市丰台区方庄芳群园 3 区 3 号楼
邮 编: 100078
E - mail: pmph@pmph.com
购书热线: 010-67605754 010-65264830
印 刷: 北京人卫印刷厂
经 销: 新华书店
开 本: 889×1194 1/16 印张: 18.5
字 数: 752千字
版 次: 2009年11月第 1 版 2009年11月第 1 版第 1 次印刷
标准书号: ISBN 978-7-117-11551-3/R·11552
定 价: 68.00 元

版权所有, 侵权必究, 打击盗版举报电话: 010-87613394

(凡属印装质量问题请与本社销售部联系退换)

译者的感悟

本人从 1984 年作为访问学者去美国学习人工关节至今已经 25 年了。这 1/4 世纪中参加了许多学习班、专科会议，也读了许多杂志和专著，但是这本书给自己的印象之深尚属首次。

8 个月前，人民卫生出版社的编辑拿着这本薄薄的小书问我：“您看这本书值不值得译成中文？”开始我并不看好，作者并非主持国际会议的大腕明星，内容又涉及人工关节方方面面：从髌、膝、踝到肩、肘、腕、手，从 OA、RA、AS 到各部位解剖，从人工关节的材料、生物力学到植骨材料，这么多的内容写成这么薄的一本小书，能写好、写透、对读者有帮助吗？

当我认真翻阅这本书后，发现这本书写得太精辟了。全书每个章节都是该领域明星大腕们专题讨论的总结，可以说字字珠玑。作者阅读了大量文献，将最权威的观点注入每个专题的字里行间，并说明了原创作者的姓名和文章出处。不仅如此，本书作者还将不同的观点、少数人的意见也记录在案。

这 25 年，我在膝、髌关节置换方面做了一些工作。因此，更细心地阅读了膝、髌关节这两章。

如果说本书是文献综述，太委屈它了。每一段话都有明显的作者观点和导向，而且都有著名专家的有关论述，更重要的是在一些有争论的地方有不同的声音。

书还没有译完，就有几位搞材料学的朋友来电话要看原文，这可能是译材料学这章的应明先生告诉他们的吧！看来与我有同感的人还不少。我深信这本译著的出版对我国人工关节事业的发展会有重要的贡献，因为这本书不仅对临床有帮助，对科研和教学也会有裨益，特别对进修关节外科的医师们的帮助会更大。因为只要认真阅读这本薄薄的小册子，它会使你在很短的时间里，使你的专业理论知识迅速地条理化，并更加深刻和扎实。

衷心感谢译者们的辛勤耕耘，特别是孙铁铮、应明和张卓几位，他们对某些译文几乎重新翻译，对一些变故的章节承担了补译的工作。没有他们，这本书不会这么快与读者见面的。

北京大学关节病研究所所长

吕厚山

2009 年 8 月

敬告

本书的作者、译者及出版者已尽力使书中的知识符合出版当时国内普遍接受的标准。但医学在不断地发展，随着科学研究的不断探索，各种诊断分析程序和临床治疗方案以及药物使用方法都在不断更新。强烈建议读者在使用本书涉及的诊疗仪器或药物时，认真研读使用说明，尤其对于新的产品更应如此。出版者拒绝对因参照本书任何内容而直接或间接导致的事故与损失负责。

需要特别声明的是，本书中提及的一些产品名称（包括注册的专利产品）仅仅是叙述的需要，并不代表作者推荐或倾向于使用这些产品；而对于那些未提及的产品，也仅仅是因为限于篇幅不能一一列举。

本着忠实于原著的精神，译者在翻译时尽量不对原著内容做删节。然而由于著者所在国与我国的国情不同，因此一些问题的处理原则与方法，尤其是涉及宗教信仰、民族政策、伦理道德或法律法规时，仅供读者了解，不能作为法律依据。读者在遇到实际问题时应根据国内相关法律法规和医疗标准进行适当处理。

前 言

过去几年中人工关节外科学取得了突飞猛进的发展。这一领域里的进展，极大地丰富了对假体材料和生物力学、外科手术技术、机体对植入假体生物反应的理解和认识。而这些进步给临床上对患者的诊治带来很大的提高。

然而，对广大骨科医生来说，要汇总这些海量信息并加以有效应用成了巨大的挑战。本书尝试将人工关节外科领域里的关键概念汇集并组织起来，以在人们对这些知识的复习和加工过程中提供帮助。其内容精练、编排合理、参考文献带有注释，均使本书既适合日常参考又可作为住院医师和普通骨科医生的学习补充。它是《骨科核心知识》系列丛书中新增的重要的一种，而这套丛书值得任何骨科图书馆置备。

主 编

Jonathan P. Garino, MD
Pedro K. Beredjiklian, MD

作者

JOSEPH A. ABBOUD, MD

Clinical Assistant Professor, Department of Orthopaedics, University of Pennsylvania School of Medicine, Philadelphia, PA

PEDRO K. BEREDJIKLIAN, MD

Assistant Professor, Department of Orthopaedic Surgery, University of Pennsylvania School of Medicine, Philadelphia, PA

DAVID J. BOZENTKA, MD

Chief, Hand Surgery, Penn Orthopaedic Institute; Associate Professor, Department of Orthopaedic Surgery, University of Pennsylvania School of Medicine, Philadelphia, PA

GREGORY F. CAROLAN, MD

Instructor, University of Pennsylvania School of Medicine, Philadelphia, PA

ROBERT B. CARRIGAN, MD

Physician, Premier Orthopaedics and Sports Medicine, Ridley Park, PA

DOUGLAS L. CERYNIK, MD

Research Fellow, Department of Orthopaedic Surgery, Hahnemann University Hospital/Drexel University College of Medicine, Philadelphia, PA

KINGSLEY R. CHIN, MD

Chief, Division of Orthopaedic Spine Surgery and Assistant Professor, Department of Orthopaedic Surgery, University of Pennsylvania School of Medicine, Philadelphia, PA

IAN C. CLARKE, PhD

Professor and Director, Department of Orthopaedics, Orthopaedic Research Center, Loma Linda University and Medical Center, Loma Linda, CA

THOMAS DONALDSON, MD

Assistant Clinical Professor and Co-Director, Department of Orthopaedics, Orthopaedic Research Center, Loma Linda University and Medical Center, Loma Linda, CA

EDWARD EBRAMZADEH, PhD

Director, Implant Performance Biomechanics Laboratory, Los Angeles Orthopaedic Hospital and Adjunct Professor, Department of Orthopaedic Surgery, University of California at Los Angeles, Los Angeles, CA

MARK I. FROMSON, MD, MBA

Staff Surgeon, Department of Orthopaedic Surgery, Cleveland Clinic Foundation, The Cleveland Clinic, Cleveland, OH

JONATHAN P. GARINO, MD

Director, The Joint Reconstruction Center at Penn-Presbyterian Medical Center; Director, The Adult Reconstruction Fellowship and Associate Professor, Department of Orthopaedic Surgery, University of Pennsylvania School of Medicine, Philadelphia, PA

CHARLES L. GETZ, MD

Assistant Professor, Department of Orthopaedic Surgery, University of Pennsylvania; Assistant Professor, Division of Shoulder and Elbow Surgery, Penn-Presbyterian Medical Center, Philadelphia, PA

DAVID GLASER, MD

Assistant Professor, Department of Orthopaedic Surgery, University of Pennsylvania School of Medicine, Philadelphia, PA

NADIM J. HALLAB, PhD

Associate Professor and Director, Materials Testing Laboratory, Department of Orthopaedic Surgery, Rush University Medical Center, Chicago, IL

WILLIAM G. HAMILTON, MD

Orthopaedic Surgeon, Anderson Orthopaedic Research Institute and Instructor, Anderson Clinic Postgraduate Fellowship, Alexandria, VA

HARISH S. HOSALKAR, MD, MBMS (ORTH), DNB (ORTH)

Clinical Instructor and Resident, Department of Orthopaedic Surgery, University of Pennsylvania School of Medicine, Philadelphia, PA

CRAIG L. ISRAELITE, MD

Co-Director of Knee Service and Assistant Professor, Department of Orthopaedic Surgery, University of Pennsylvania School of Medicine, Philadelphia, PA

JOSHUA J. JACOBS, MD

Crown Family Professor of Orthopaedic Surgery, Rush University Medical Center, Chicago, IL

CHRISTOPHER JOBE, MD

Chairman of Orthopaedic Surgery, Department of Orthopaedics, Orthopaedics Research Center, Loma Linda University and Medical Center, Loma Linda, CA

NORMAN A. JOHANSON, MD

Chairman, Department of Orthopaedic Surgery, Hahnemann University Hospital/Drexel University College of Medicine, Philadelphia, PA

KRISTOFER J. JONES, BA

Medical Student, University of Pennsylvania School of Medicine, Philadelphia, PA

LISA KHOURY, MD

Resident, Department of Orthopaedic Surgery, Hospital of the University of Pennsylvania, Philadelphia, PA

SHARAT K. KUSUMA, MD, MBA

Resident and Clinical Instructor, Department of Orthopaedic Surgery, University of Pennsylvania School of Medicine, Philadelphia, PA

RICHARD D. LACKMAN, MD

Chairman and Professor, Division of Orthopaedic Surgery, Pennsylvania Hospital, Philadelphia, PA

STEVE MASCHKE, MD

Resident Surgeon, Department of Orthopaedic Surgery, Cleveland Clinic Foundation, The Cleveland Clinic, Cleveland, OH

ROBERT MOLLOY, MD

Staff Surgeon, Department of Orthopaedic Surgery, Cleveland Clinic Foundation, The Cleveland Clinic, Cleveland, OH

SANJIV NAIDU, MD

Professor, Orthopaedic Surgery and Rehabilitation, Penn State College of Medicine, Hershey, PA

CHARLES L. NELSON, MD

Assistant Professor, Department of Orthopaedic Surgery, University of Pennsylvania School of Medicine, Philadelphia, PA

ENYI OKEREKE, MD, PHARM D

Associate Professor and Chief, Orthopaedic Foot and Ankle Services, University of Pennsylvania School of Medicine, Philadelphia, PA

BRADFORD PARSONS, MD

Assistant Professor, Department of Orthopaedics, Mt. Sinai School of Medicine, New York, NY

JAVAD PARVIZI, MD, FRCS

Associate Professor, Jefferson Medical College, Rothman Institute, Thomas Jefferson University, Philadelphia, PA

DAVID I. PEDOWITZ, MD, MS

Chief Resident, Department of Orthopedic Surgery, Hospital of the University of Pennsylvania, Philadelphia, PA

MATTHEW L. RAMSEY, MD

Chief, Shoulder Study Group; Director, Shoulder and Elbow Fellowship; Associate Professor, Department of Orthopaedic Surgery; and Chief, Shoulder and Elbow Service, University of Pennsylvania School of Medicine, Philadelphia, PA

SUDHEER REDDY, MD

Instructor, Department of Orthopaedic Surgery, University of Pennsylvania School of Medicine, Philadelphia, PA

JAMES A. SANFILIPPO, MD, MHS

Resident, Department of Orthopaedic Surgery, Thomas Jefferson University Hospital, Philadelphia, PA

SOPHIA N. SANGIORGIO, PhD

Manager, Implant Performance Biomechanics Laboratory, Los Angeles Orthopaedic Hospital, University of California at Los Angeles, Los Angeles, CA

PETER SHARKEY, MD

Professor of Orthopaedic Surgery, Jefferson Medical College, Rothman Institute, Thomas Jefferson University, Philadelphia, PA

NEIL P. SHETH, MD

Resident, Department of Orthopaedic Surgery, Hospital of the University of Pennsylvania, Philadelphia, PA

EHSAN TABARAEI, MS

Medical Student, George Washington University School of Medicine, Washington, DC

VIRAK TAN, MD

Associate Professor, Department of Orthopaedics, University of Medicine and Dentistry of New Jersey, Newark, NJ

BRIAN VANNOZZI, MD

Resident, Department of Orthopaedic Surgery, Hospital of the University of Pennsylvania, Philadelphia, PA

MATTHEW WERGER

Medical Student, Georgetown University Medical Center, Washington, DC

BRENT WIESEL, MD

Resident, Department of Orthopaedic Surgery, Hospital of the University of Pennsylvania, Philadelphia, PA

GERALD R. WILLIAMS, JR., MD

Attending Surgeon, The Rothman Institute of Orthopaedic Surgery, Thomas Jefferson University, Philadelphia, PA

目 录

第1章 人工全关节置换	
假体材料和设计对骨溶解的影响.....	1
期望越大负荷越大：生物力学在人工关节中的应用.....	26
第2章 髌膝关节运动学及生物力学.....	36
第3章 关节生物学.....	44
第4章 骨移植生物学.....	47
第5章 关节解剖学.....	53
第6章 关节炎.....	68
第7章 术前评估.....	77
第8章 人工全髋关节置换术.....	91
第9章 人工全膝关节置换术.....	123
第10章 人工踝关节成形术.....	131
第11章 人工肩关节置换.....	150
第12章 人工全肘关节置换术.....	176
第13章 人工全腕关节置换术.....	204
第14章 手部人工关节成形术.....	221
第15章 下肢节段性骨缺损的保肢技术.....	245
第16章 疗效评价.....	258
第17章 颗粒病和植入物变态反应.....	261
索引.....	275

第 1 章

人工全关节置换 假体材料 and 设计对骨溶解的影响

引言

- ◆ 人工关节置换后可因多种原因而致早期失败，其中包括感染、假体位置不当、固定不良、骨骼质量较差等。而手术 6 ~ 8 年后，骨溶解——这是机体对积聚的磨损碎屑发生反应所引发的破坏性过程——即成为人工关节翻修的主要原因。
- ◆ 磨损所产生的细微颗粒引发了机体的异物反应，只要时间足够长久，终将导致假体松动、局部疼痛和关节翻修 (Amstutz et al., 1992; Charnley et al., 1969; Clarke and Campbell, 1989; Hamilton and Gorczyca, 1995)。因此，为了获得全髋关节置换 (THA) 的成功，假体设计必须着眼于在 10 年或更长的使用期内尽可能减少磨损碎屑的产生。
- ◆ THA 开始时采用的是金属-金属 (MOM) 关节滑面 (Amstutz and Clarke, 1991)。在 1955 ~ 1965 年间，只有钴铬合金 (CoCr) 能用于这一目的。在欧洲，McKee、Muller 和 Ring 等医生研发出了采用大直径 (32、35 和 41.5mm) 球头的 MOM 系统。
- ◆ 1963 年，后来封爵的 John Charnley 引入了 22.25mm 直径金属球头与骨水泥固定的聚乙烯髋臼组成的人工髋关节系统 (MPE) (Charnley et al., 1969)。这一全髋关节系统随即被广泛接受，而 MOM 的使用则在 20 世纪 70 年代初期迅速衰落。
- ◆ 从 1970 年开始，欧洲的一些医生如 Boutin、Griss、Mittelmeier 和 Salzer 等寻准机会研发陶瓷-陶瓷 (COC) 滑面人工关节 (Boutin, 1972; Clarke and Willmann, 1994)。这一进展也使陶瓷-聚乙烯 (CPE) 组合成为可能。
- ◆ 1965 ~ 1975 年的十年中，塑料、金属、陶瓷三种材料的假体并存 (MPE 或 CPE、MOM 和 COC)。在此期间的起初阶段，与聚乙烯 (PE) 相关的骨溶解的危险性一定程度上被掩盖了。因为当时接受人工关节置换的大多是老年人，术后 20 年时，通常超过一半的患者已经死亡

(Sochart, 1999)。

- ◆ 由于现今的患者寿命更长、活动量更大，因此需要确定：在超过 20 年的术后使用中，人工髋关节的何种材料组合和哪些设计特点能够最大限度地减少骨溶解的危险。

聚乙烯髋臼的四十年应用经验

磨损碎屑驱动的骨溶解

- ◆ 在骨溶解病例，能发现假体周围膜中含有大量 PE 颗粒和巨噬细胞，并有肉芽肿形成 (Clarke and Campbell, 1989)。每克周围组织中含有的 PE 颗粒数超过 100 亿时更容易发生骨溶解 (Ingham and Fisgher, 2000; Ingham and Fisher, 2005; Ingram et al., 2004; Kobayashi et al., 1997)。
- ◆ 在膜性组织中，含有多种与细胞动员、炎症反应和骨质吸收相关的生化介质 (框 1-1)。因此，对付被称为“骨溶解”的植入物病的最直接的途径就是减少磨损碎屑的积聚。

框 1-1 参与骨溶解进程的细胞因子

- ◆ 肿瘤坏死因子- α
- ◆ 白介素-1 β
- ◆ 白介素-6
- ◆ 白介素-8
- ◆ 白介素-11
- ◆ 转化生长因子- β

临床上磨损问题的复杂性

- ◆ 必须认识到多种临床因素能使人关节磨损问题复杂化 (框 1-2)。
- ◆ 许多假体设计和患者相关因素会给原本可以成功的人工

关节置换术增加失败的危险。例如，带金属底托的 PE 臼就增加了失败的变数（表 1-1）（Hamilton et al., 2005; Kurtz et al., 2005; Oparaugo et al., 2001）。CoCr 球头的粗糙化和其他第三方颗粒所致的碾磨性磨损也有类似的作用（框 1-3）（Bauer et al., 1996; Hall et al., 1997）。

Charnley 髌系统小球头磨损模式

- ◆ Charnley 开始时是用聚四氟乙烯来制作髌臼，其显示出的设计特点和磨损模式至今仍有重要意义（框 1-4）。
- ◆ 医生们显然更喜欢用大直径球头，以增加关节稳定性、提高关节活动度。Charnley 开始时采用的球头直径也达 41.5mm，后来只是为了解决髌臼松动的问题而减小了球头的直径（图 1-1）。

框 1-2 临床研究中多因素所致的复杂性

- ◆ 假体设计
- ◆ 固定方式
- ◆ 球头材料（金属、陶瓷）与直径
- ◆ 髌臼底面的类型与是否有螺钉孔
- ◆ 臼衬的锁定机制
- ◆ 所用的聚乙烯类型
- ◆ 聚乙烯的消毒方式（照射、环氧乙烷、等离子气体）
- ◆ 聚乙烯消毒后的处理（退火、重熔）
- ◆ 假体植入位置
- ◆ 体内发生的第三方颗粒碾磨性磨损
- ◆ 骨骼质量
- ◆ 患者活动度
- ◆ 临床研究持续的时间
- ◆ 临床研究的质量
- ◆ 临床研究中所采用的效果评价方法

框 1-3 带金属底托髌臼设计的缺陷

- ◆ 金属臼杯在植入时变形
- ◆ UHMWPE 衬的厚度减薄
- ◆ 减小对应球头的尺寸
- ◆ 引致 UHMWPE 的底面磨损
- ◆ UHMWPE 衬的微动造成了磨损碎屑的泵动效应
- ◆ 螺钉孔方便了磨损碎屑游移
- ◆ 金属—金属间的撞击产生了碾磨性第三方颗粒磨损
- ◆ 钴铬球头更易变粗糙（增加 UHMWPE 磨损）

UHMWPE：超高分子量聚乙烯

框 1-4 Charnley 的超高分子量聚乙烯磨损范式

- ◆ 容积性磨损率是评估骨溶解危险性的恰当指标
- ◆ 容积性磨损越大，骨溶解发生越快、程度越重
- ◆ 球头直径越大产生的磨损碎屑越多，球头直径每增加 1mm 磨损碎屑增加 10%
- ◆ 直径最小（22mm）的球头，既降低了摩擦扭矩也减少了因聚乙烯磨损而致的骨溶解

表 1-1 有关磨损的临床研究中多种复杂因素的比较	
因素	给临床磨损研究带来的复杂性
大直径球头	增加髌臼磨损
薄壁聚乙烯臼	采用大直径球头时通常磨损增加
带金属底托的髌臼	使臼衬变薄、多变的锁定机制
臼衬的底面磨损	与设计有关、难以定量
球头	不锈钢、钛铝钒、钴铬合金；粗糙增加聚乙烯磨损
股骨柄	固定方式 / 材料腐蚀碎屑释出的可能
髌臼杯	固定方式 / 多孔涂层脱落的可能
假体位置	撞击、半脱位、脱位
患者	活动程度的不同
随访	时间的差异

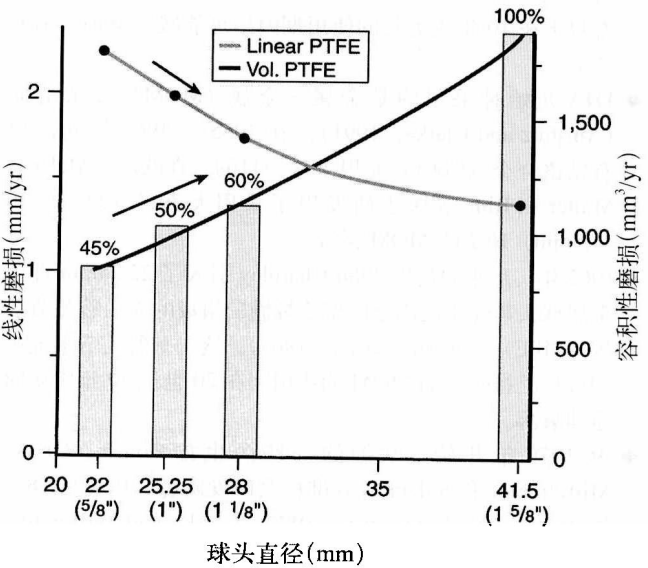


图1-1 在聚四氟乙烯(PTFE)髌臼，Charnley等证实：随着球头的增大，以X线片上球头位移表示的磨损相应减少。但更为重要的是，这些研究者发现：在研究的球头直径范围内，最大尺寸球头的容积性磨损是最小直径球头的两倍多(需注意：容积性磨损量还是非常大的。与之相比，25美分的硬币的体积才600mm³)

- ◆ 对 Charnley 来说, 磨损是一个重要的问题。因为早期的聚四氟乙烯髌臼在术后 3 年里就会磨穿 (Charnley et al., 1969)。
- ◆ 在 Charnley 及后来其他人就不同直径球头所做的实验研究中均证实: 最小的球头 (22mm) 产生的磨损碎屑最少 (图 1-1) (Clarke et al., 1977)。
- ◆ “球头小磨损少”的模式被反复证实。最显著的范例是用大直径球头所做的 MPE 表面置换得到了灾难性的结果 (Callaghan et al., 2002; Clarke and Campbell, 1989; Kabo et al., 1993; Livermore et al., 1990)。从而使 PE 臼陷入了一个根本性的设计悖论, 也即: 为了获得更好的稳定, 需要大球头; 为了减少骨溶解, 需要小球头。
- ◆ 对于初次置换时年龄小于 50 岁的患者, Charnley 髌系统的一系列随访显示了优异的结果, 术后 10 年假体存留率达 94% (图 1-2)。然而, 到术后 30 年时, 失败率就由术后 10 年时的 6% 上升到 50%。原因是骨溶解和假体松动等问题的累积 (Sochart, 1999; Wroblewski and Siney, 1992; Wroblewski et al., 1999; Wroblewski et al., 2002)。
- ◆ Charnley 是第一个对磨损进行测量的人, 他将 X 线片上股骨头的移位作为定量磨损的指标 (Charnley and Cupic, 1973)。线性磨损率最高可达 0.67mm/年, 平均为 0.1mm/年 (框 1-5)。
- ◆ 对应的平均和最大容积性磨损率是 40mm³/年和 260mm³/年 (图 1-3)。因此在这些病例中, 处于骨溶解危险境地的具有最大容积性磨损率的患者, 其磨损率是平均水平的 5~7 倍。

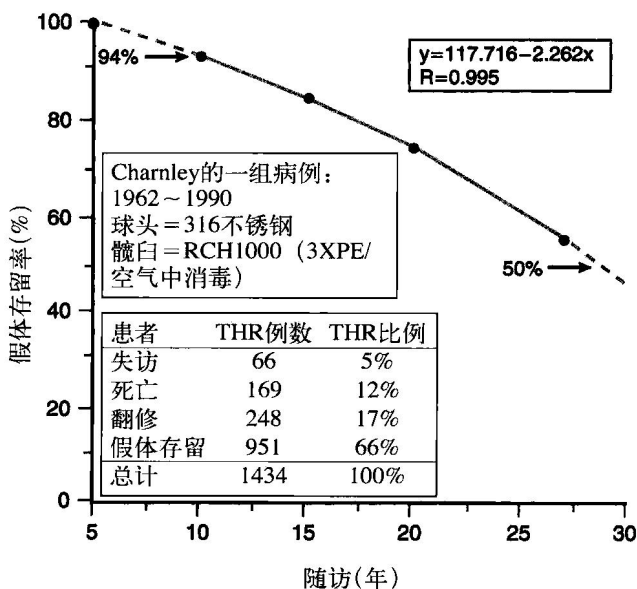


图1-2 1434例髌关节的30年随访假体存留率(Charnley的原始病例, 开始于1962年。使用的是22mm的不锈钢球头)

框 1-5 超高分子量聚乙烯的磨损表现

◆ Charnley 病例中的 线性磨损	0.01 ~ 0.67mm/年 (平均 0.1mm/年)
◆ 平均容积性磨损	40mm ³ /年
◆ 容积性磨损峰值	260mm ³ /年
◆ 不同研究中的磨 损范围	0.07 ~ 0.14mm/年 (Callaghan et al., 1995; Schmalzried et al., 1998)
◆ 术后 10 年骨 溶解的发生率	6%
◆ 术后 28 年骨 溶解的发生率	50%
◆ 期望的容积性 磨损范围	22 ~ 55mm ³ /年 (Clarke, 1992)
◆ 引发骨溶解的 磨损率阈值	80mm ³ /年 (Zichner and Willert, 1992)
◆ Hylamer 的平 均容积性磨损率	280mm ³ /年 (Donaldson et al., 2004)

- ◆ 在空气中行 γ 射线消毒 (GIA) 的 Hylamer 髌臼未能取得成功, 主要原因是植入后发生骨溶解的危险性极高, 在老年人平均的容积性磨损率高达 280mm³/年 (图 1-3) (Donaldson et al., 2004)。
- ◆ 曾有临床研究提示: 在 32mm 球头构成的髌关节, 线性磨损率 0.2mm/年是一个有用的骨溶解危险性阈值指标 (对应的容积性磨损率是 160mm³/年, 图 1-3) (Zichner and Willert, 1992)。然而, 需行翻修病例的磨损率典型情况下会是成功病例的两倍, 如分别为 75mm³/年和 35mm³/年 (Isaac et al., 1992; Sochart, 1999)。
- ◆ 这样, 更保守的、能引发骨溶解的磨损率阈值会低于 80mm³/年 (图 1-3 和框 1-5)。
- ◆ 如前所述, 22mm 球头用于 PE 臼显然是最安全的 (图 1-4 和框 1-6)。而要进一步减小骨溶解的危险, 就需使超高分子量聚乙烯 (UHMWPE) 的平均磨损率降低至 10mm³/年以下 (表 1-1, 表 1-2)。这一发现对目前 3XPE 和 10XPE 结合大直径球头的成功应用至关重要 (Shaju et al., 2005)。

高交联聚乙烯臼的磨损率

- ◆ PE 臼的消毒传统上采用环氧乙烷或 GIA。而 γ 射线能增加交联这一额外的好处 (所谓交联也即: 由辐射能量剪开开的 PE 分子链以交叉联结的方式重新组合) (图 1-5, II 型, 3XPE/空气中辐射消毒)。
- ◆ 早在 20 世纪 70 年代初便认识到: 这一 GIA 消毒方式能够提高髌臼的抗磨损能力 (图 1-6, 表 1-3) (Oonishi et al., 1996a, 1996b, 2001)。

- ◆ 对高交联 PE (XPE) 髌臼有过三个长期的临床随访研究, 每一研究中都采用了独特的、高交联的骨水泥固定髌臼。日本的一组病例开始于 1971 年, 其消毒方式是在空气中以 100Mrad 的剂量照射 (表 1-3)。71 例最初病例中的 28 例 (39%) 随访已超过 20 年且仍在跟踪随访中。
- ◆ 研究结果表明: 用 28mm 球头时, XPE 臼在最初 6 年中的平均磨损率是 0.08mm/年, 与用普通 PE 臼的 T-28THR 病例相比, 磨损减少了 3 ~ 4 倍 (Oonishi et al., 1996a; Oonishi et al., 1996b; Oonishi et al., 2001)。

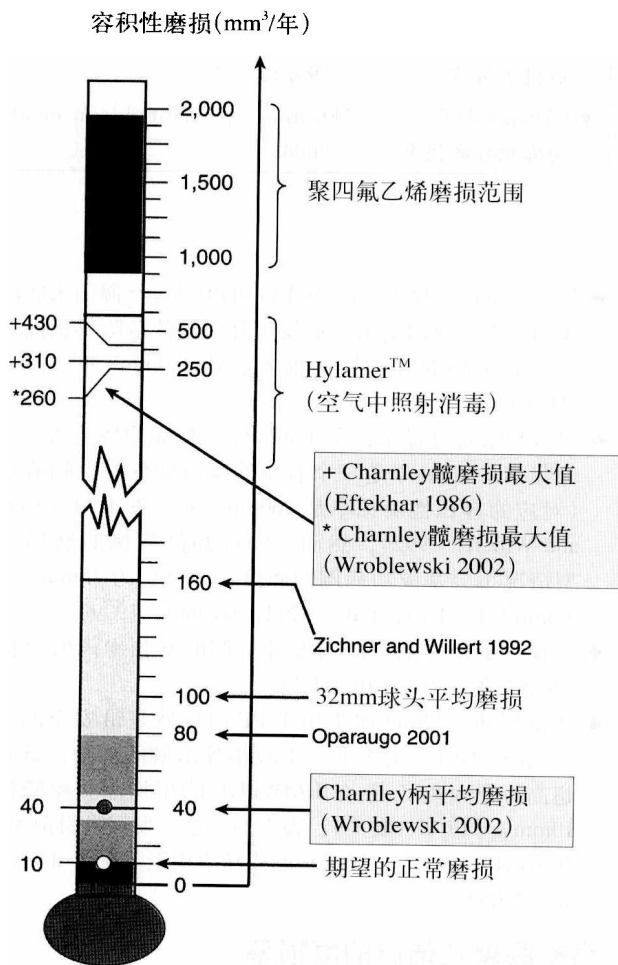


图1-3 全髋关节置换(THA)的年磨损率。该模式图说明了年磨损率。显示在Hyalmer髌臼(Donldson et al., 2004)和聚四氟乙烯(PTFE)有最高的翻修率。通常认为导致骨溶解的聚乙烯磨损率阈值在80mm³/年(Oparaugo et al., 2001)或160mm³/年(Zichner and Willert, 1992)。为了减少骨溶解的危险, 期望的聚乙烯磨损率为10mm³/年。GIA: 空气中γ射线消毒

表 1-2 球头直径、线性磨损、容积性磨损三者比较 *

球头直径 (mm)	线性磨损率 (mm/年)				
	0.05	0.1	0.15	0.2	0.25
22.2	19	39	58	78	97
26	27	53	80	107	134
28	32	64	96	128	160
32	45	90	135	180	224
36	63	126	189	251	314
38	75	151	226	302	377
42	106	211	317	422	528
46	148	296	443	591	739
50	207	414	621	828	1035

* 高危值 (> 80mm³/年) 以黑体显示

框 1-6 超高分子量聚乙烯磨损指标

- ◆ 磨损危险性最小的球头直径 22mm
- ◆ 理想的聚乙烯磨损率 10mm³/年 (平均值)
- ◆ 最大的可接受磨损率 50mm³/年 (高危病例)

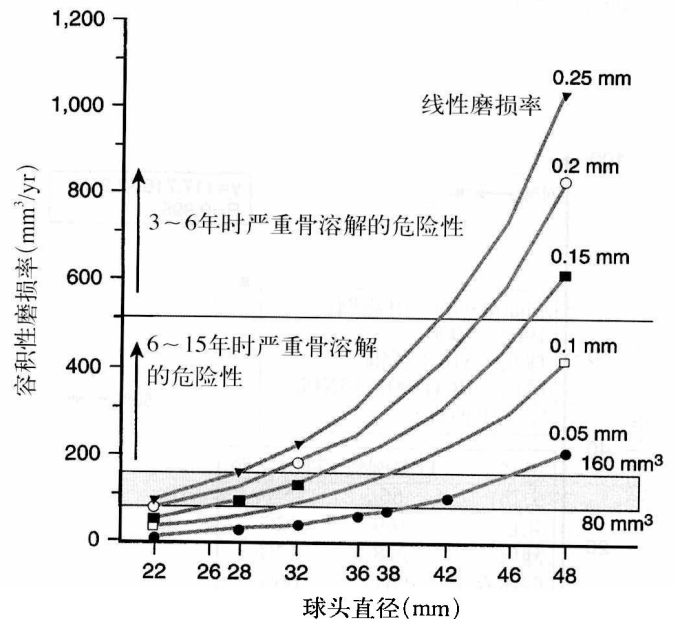


图1-4 磨损碎屑的体积。将球头直径(24~48mm)加以考虑后, 比较线性磨损量(0.05~0.25mm)和磨损碎屑的体积。术后6~15年里, 容积性磨损率达到160~500mm³/年时有发生严重骨溶解的危险; 而容积性磨损率超过500mm³/年则会在术后不足6年内发生灾难性的骨溶解

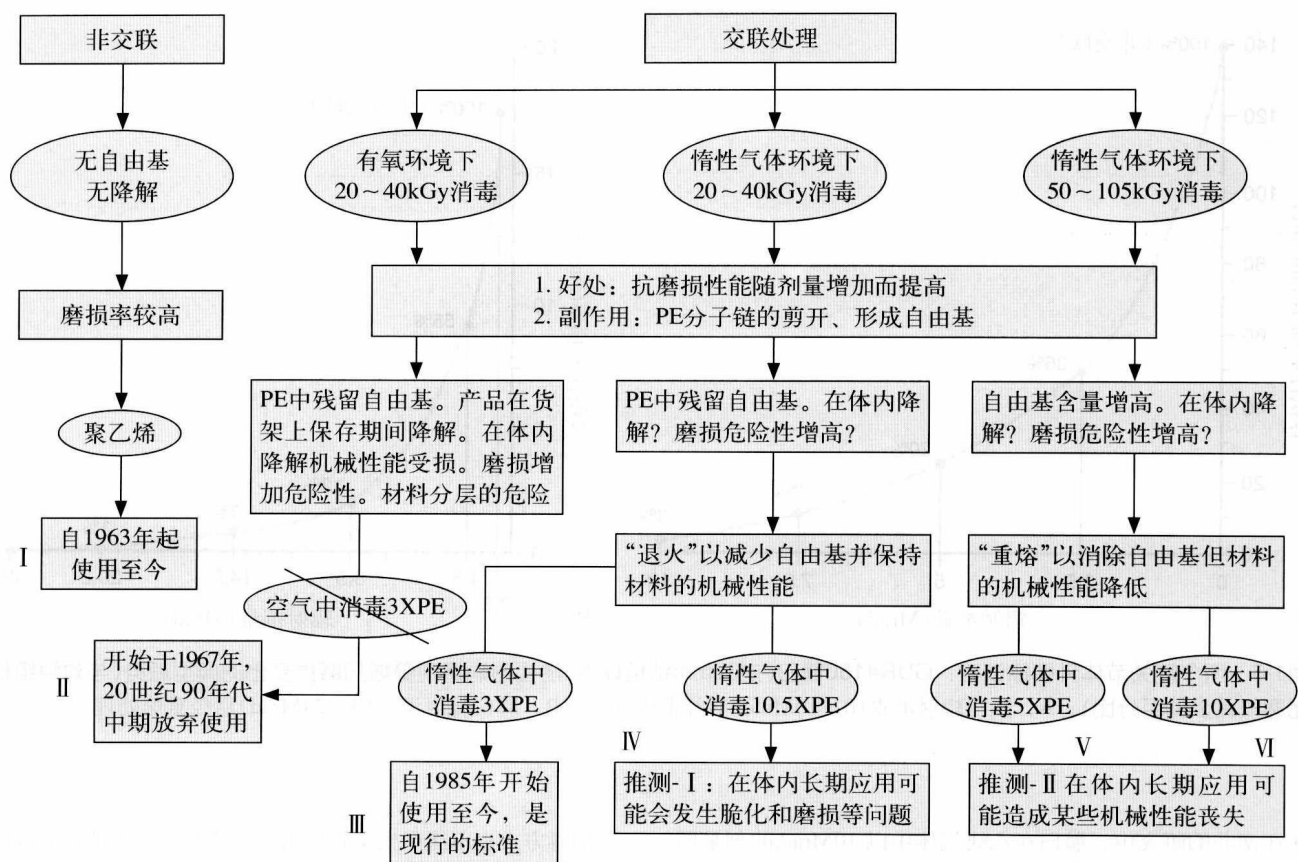


图1-5 聚乙烯交联。过去40年里聚乙烯交联的发展和各型交联聚乙烯的特点。在先后进入市场的六类(Ⅰ~Ⅵ)交联聚乙烯中,只有Ⅱ类已经停用。其中Ⅵ类采用了电离辐射,其他类型的交联均是以γ射线实现。XPE交联聚乙烯

表 1-3 美国、日本、英国、南非的聚乙烯加工工艺概览

PE 类型	消毒	交联程度	气体	加热	自由基	商品名
Ⅰ	环氧乙烷	无	环氧乙烷	无	无	—
Ⅱ	3Mrad	中	空气	无	有	—
Ⅲ a	3Mrad	中	氩气	无	有	Arcom
Ⅲ a	3Mrad	中	氮气	无	有	Sulzer
Ⅲ b	3Mrad	中	氮气	退火	一些	Duration
Ⅳ	10.5Mrad	高	氮气	退火	一些	Crossfire
Ⅴ	5Mrad	中	氮气	熔化	无	Marathon
Ⅵ	10Mrad 电离辐射	高	氮气	熔化	无	Durasul, Longevity
Ⅵ	10Mrad 电离辐射	高	氮气	熔化	无	XLP
日本	100Mrad/ 空气	很高	空气	无	有	自定义
南非	13Mrad/ 乙炔	高	乙炔	无	一些	自定义
英国	硅烷	高	NA	NA	NA	自定义

NA: 文献中无记载

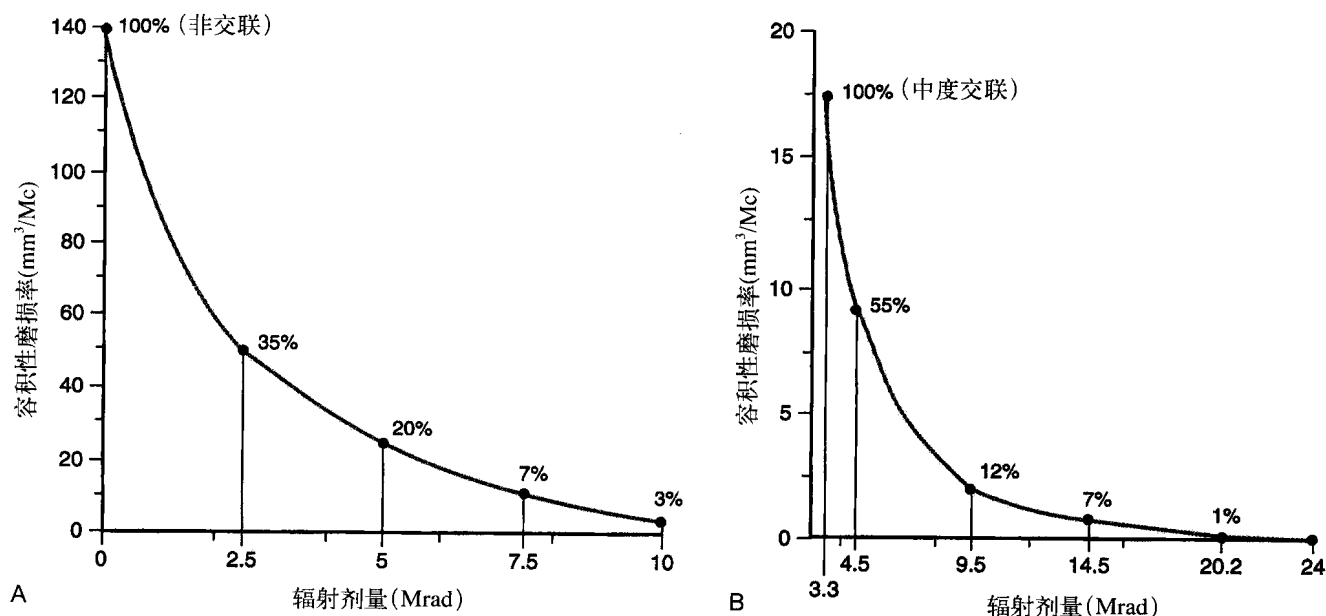


图1-6 两个髌关节体外模拟试验: GUR4150髌臼(对32mm钴铬球头)随辐射消毒剂量增加磨损变化的典型趋势(与对照组相比磨损减少的百分比)。A, 髌臼辐射消毒(0~10Mrad)后经退火处理。B, 髌臼辐射消毒(3~24Mrad)后经重熔处理

- ◆ 在南非的研究中, 髌臼在乙炔气体中以 10Mrad 的剂量照射, 以增加交联。继之再在空气中行 3Mrad 的辐射消毒。对两例取出假体的研究显示线性磨损率大于 0.1mm/ 年、容积性磨损率大于 100mm³/ 年 (表 1-4)。
- ◆ 在英国的一组 14XPE 病例研究中, 对髌臼用硅烷进行处理, 从而用化学的方法获得交联。其 10 年的平均磨损率是 0.02mm/ 年 (Wroblewski et al., 1996), 无一翻修。
- ◆ 在辐射或化学处理的 PE, 交联的竞争性反应是氧化。也即剪切开的分子链除能发生交联, 还能与氧结合而呈有害的氧化状态。后者会提高 PE 的脆性, 并随之增加磨损。而在惰性气体中行 γ 射线能很容易地抑制 GIA 消毒中发生的氧化作用 (Streicher, 1993)。因此目前, 所有的 PE 植入物都会在像氩或氮这样的惰性气体中行 γ 射线消毒 (表 1-3; 图 1-5, III 型; 框 1-7)。
- ◆ 用环氧乙烷或等离子气体进行的化学性消毒不会产生自由基, 从而也不会发生氧化效应 (图 1-5, I 型)。然而这些

消毒方式也不能产生交联作用。用该两种方式消毒的髌臼通常有较高的磨损率 (图 1-6A)。

- ◆ 随着辐射剂量达到 5Mrad 或更高, 第二个令人关注的问题是如何抑制自由基的过度产生而又不降低材料的力学性能。途径之一是辐射后对 XPE 进行退火, 这虽能维持材料的力学性能, 但仍会有自由基残留 (图 1-5, III 型)。
- ◆ 因此, 市场上出现的第一个 XPE 髌臼就是在 10.5Mrad 辐射后进行了退火处理, 这既加速了交联的形成又部分地抑制了自由基 (图 1-5, IV 型)。
- ◆ 第二条途径是将 XPE 材料进行重熔, 它能有效地清除自由基但会降低材料的力学性能, 如材料对抗裂隙扩展的能力会降低 40% ~ 60%。目前采用这一工艺的髌臼交联辐射剂量通常仅为中等, 5Mrad (V 型) 或 10 余 Mrad (图 1-5, VI 型)。
- ◆ 与非交联的 PE 相比, 增加辐射剂量会非常显著地减少 XPE 髌臼的磨损 (图 1-6A; 框 1-8)。与作为对照的

表 1-4 13XPE/ 空气消毒髌臼与 30mm 球头匹配时放射测量所得磨损数据

病例数	线性磨损率 (mm/ 年)	随访时间 (年)	容积性磨损率 (mm³/ 年)
1: 骨溶解	0.19	16	134
2: 骨溶解	0.14	14	99
3: 无骨溶解	0.07	14	49