



PMMA 骨水泥

原 著 Klaus-Dieter Kühn

主 译 张 克 吕维加

副主译 蔡 宏 李朝阳

我们了解我们所用的产品吗？

PMMA骨水泥的角色，

它的特性，它的选择，它的使用，它的临床证据，

它在感染翻修手术中的功能和更容易使用骨水泥的展望。



北京大学医学出版社

PMMA 骨水泥

总代理：Honey-Comb China

总代理：Honey-Comb China

总代理：Honey-Comb China

总代理：Honey-Comb China

总代理：Honey-Comb China

总代理：Honey-Comb China

总代理：Honey-Comb China

总代理：Honey-Comb China

PMMA骨水泥

PMMA Cements

原 著 Klaus-Dieter Kühn

主 译 张 克 吕维加

副主译 蔡 宏 李朝阳



北京大学医学出版社

PMMA GUSHUINI

图书在版编目 (CIP) 数据

PMMA骨水泥 / (奥) 库恩 (Kühn) 原著; 张克, 吕维加译.
— 北京: 北京大学医学出版社, 2015.10
书名原文: PMMA cements
ISBN 978-7-5659-1226-9

I. ①P… II. ①库… ②张… III. ①聚甲基丙烯酸甲酯—
应用—骨科学 IV. ①R318.08②R687.3

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第216433号

北京市版权局著作权合同登记号: 图字: 01-2014-8230

Translation from English language edition:
PMMA Cements
by Klaus-Dieter Kühn
Copyright © 2013 Springer Berlin Heidelberg
Springer Berlin Heidelberg is a part of Springer Science+Business Media
All Rights Reserved.

Cover Illustration © Heraeus Medical GmbH
Simplified Chinese translation Copyright ©2015 by Peking University Medical Press.
All Rights Reserved.

PMMA 骨水泥

主 译: 张 克 吕维加

出版发行: 北京大学医学出版社

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

电 话: 发行部 010-82802230; 图书邮购 010-82802495

网 址: <http://www.pumppress.com.cn>

E-mail: booksale@bjmu.edu.cn

印 刷: 北京圣彩虹制版印刷技术有限公司

经 销: 新华书店

责任编辑: 王智敏 责任校对: 金彤文 责任印制: 李 啸

开 本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 18.5 字数: 466 千字

版 次: 2015 年 10 月第 1 版 2015 年 10 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-5659-1226-9

定 价: 155.00 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)

译者名单

主 译

张 克 吕维加

副主译

蔡 宏 李朝阳

译 者

(以姓氏汉语拼音为序)

蔡 宏	崔永顺	董妍君	何 玄
李 锋	李 杨	李朝阳	李银霞
李子剑	刘延青	吕维加	田 华
于 涛	翟欣昀	张 克	赵 瑾
赵旻晔			

译者前言一

当我们准备将 Klaus-Dieter Kühn 教授的《PMMA Cements》一书翻译成中文介绍给中国的骨科医生、科研工作者，甚至是食品药品监督管理局的工作者的时候，作为一个从事了三十余年人工关节置换的医生，我心中五味杂陈。我不仅想起 1970 年 Sir John Charnley 在《Acrylic Cement in Orthopaedic Surgery》书中的一段话，“There is no doubt that in orthopaedic surgery acrylic cement is going to be widely used in many different parts of the world; there is equally no doubt that its use by uninformed operators will produce complications which might seriously threaten its reputation and might hold back the progress of science. If criticism of acrylic cement are to come from this type of source, it is important to have available the main references to research in this field, both in favour of and against the main thesis.” 45 年前 Charnley 医生预言了中国的现状。

近二十年，伴随着人工关节置换在中国的逐渐成熟，以及椎体成形等治疗技术的引入，骨水泥市场在中国飞速发展。然而，对骨水泥的认识以及规范化的使用却远远跟不上步伐。目前中国大的关节置换中心，骨水泥型髋关节置换几乎绝迹，这也向学习者传递一个错误的信号——“骨水泥已经过时”。而二、三线城市，置换量相对较小的医院，出于经济等方面考虑，又经常使用骨水泥型髋关节。然而，在既无良好水泥技术保证，又无配套的水泥工具使用的前提下，自然无法获得良好的使用结果，这也就给骨水泥增添了所谓的“恶名”。

在本世纪初，我们致力于传播骨水泥知识与骨水泥技术，并非我们对它有何偏爱或想成为另类。而是骨水泥作为一种基本的骨科材料，骨水泥技术作为一种基础的骨科操作技术，应当而且必须被所有的骨科医生掌握。中国的经济发展水平，患者的疾病类型与解剖特点等，使我们没有任何理由立刻走向“非水泥”的时代。

国内尚无全面翔实介绍骨水泥的专业书籍，我和我的同事们非常乐意倾注自己的努力为大家推出《PMMA Cements》的中译版，还原一个真实的“骨水泥”。也许我们的专业积累还不够，难免有理解错误与翻译偏颇，但是我们在尽力践行我们的责任——无论你是喜欢还是反对“骨水泥”，请了解它、认识它、研究它。

我要感谢我的同事们在繁忙的工作之余完成本书的翻译工作，特别是蔡宏医生对本书大部分章节进行了认真校对；感谢香港大学吕维加教授及其团队的合作，他们在基础医学方面的造诣和治学态度令人敬佩；感谢北京大学医学出版社的冯智勇、王智敏老师以及 Heraeus 公司的尹楚明先生对本书的顺利出版投入的热情与辛勤的工作。

张 克

译者前言二

聚甲基丙烯酸甲酯 (PMMA) 骨水泥在骨科的应用, 由最初的关节假体固定扩展到骨缺损填充与椎体修复, 已有长达五十多年的临床应用。PMMA 骨水泥之所以能延续如此长的生命周期, 最根本的原因在于其无可替代的优异特性, 如稳定的固化过程、合适的力学强度、良好的生物相容性, 是其他产品无法与之媲美的。

这是一本系统全面且解析透彻的关于骨水泥的著作。作者从 PMMA 骨水泥的历史、粉液组分及配比和力学特性等方面对骨水泥做了详细叙述。但本书内容不局限于此, 作者还从材料物理与化学的角度对 PMMA 的聚合过程对其反应特点、物理特性等方面进行了深入剖析。作为一款骨科领域无可替代的产品, 随着时间的推移虽然其主要成分没有显著改变, 但与之配套使用的注射器械经历了多次发展。所以在本书中作者别具匠心地对现代骨水泥使用技术及发展趋势进行了综述和展望。希望本译著能为临床医生、工程技术人员、理学背景研究者以及患者提供较全面的骨水泥基本知识, 也为今后的产品创新及技术改进提供理论基础及参考依据。

虽然 PMMA 骨水泥已为骨科医生及生物材料研究人员所熟知, 但是本著作在详尽讲述其特性时涵盖了临床医学、生物学及材料化学等多个领域, 所以本著作的翻译是在临床医生、理工科专家和相关研究人员的共同努力下完成的。这里要特别感谢北京大学附属第三医院张克教授团队、天津大学李朝阳博士课题组以及我所带领的香港大学骨科研究组; 还有其他组织和参与本著作翻译的人员不在此逐一列出, 感谢大家在翻译过程中的严谨态度和辛勤工作; 同时衷心感谢原著作者授权将该书译为中文与大家分享。

香港大学矫形及创伤外科学系
伍振民基金教授
吕维加

原著前言

基于人口老龄化和现代生活方式的转变，每年罹患骨骼肌肉疾患的病例数在全世界范围内出现了快速的增长。由此产生的直接结果是，健康医疗相关费用迅速增加，并带给国家健康医疗系统巨大的经济压力。如果将目光投向来自关节置换登记系统的数据，我们会发现需要接受髋或膝关节置换的年轻患者也在增加。在不断增长的困难翻修病例中，也可以发现这一现象。在这样的大背景下，保证患者得到理想治疗的同时，减少内置物假体关节手术的花费不仅是一个目标，更是一种挑战。

这一挑战来自于时代的转变，即所有事情都需要接受是否有可能进一步改善的质疑以及相当长时间的检验。医学无法背离这一大趋势。或者说，恰恰相反，几乎没有任何其他领域遭受到了如此巨大的变化和经济方面的挑战。

每天在手术室内的工作，术者和（他们的）助手都能够感受到来自经济上不断增长的压力。根据有关医疗规定，从业人员、临床工作流程和相关措施都在持续不断地接受评估，财会审计工作严格进行，并较以往有所提高。多项临床路径皆在使患者术后快速重返其正常生活，专业的手术操作流程也带来了减少医疗费用的可能。

在这样的大环境下，不同的关节置换技术也被密切评估。更多讨论的主题是，先前使用骨水泥（PMMA）进行人工关节的锚定是否仍旧合适。

根据我个人的观察，不得不遗憾地说，现今很多年轻医生未能在其实习期间接受使用 PMMA 进行手术的良好训练。实际上，被认为是更先进的生物固定技术被更广泛地传播。继而，这些医生或许会产生错误的印象，认为除了生物固定系统外别无选择。使用生物固定的医生会推崇该方法更加先进，而将骨水泥固定看做是过时的方式。

这一普遍存在看法令人震惊，全世界范围内的关节登记系统都表明使用骨水泥固定内置物丝毫不逊于生物固定产生的效果。不仅如此，在许多国家骨水泥固定手术较生物固定有更低的翻修率。

因此，作为非常成功的一种生物材料，PMMA 值得我们更多关注，而不是被越来越普遍地忽视。骨水泥在医学，特别是手术方面所展示出来的优点，是其他任何材料都难以企及的。

其他任何材料都无法具备同骨水泥一样良好的生物相容性，没有哪一种材料具有同骨水泥一样在医学方面的长期观察记录，同样的，没有哪一种材料可以在人工关节手术的使用上，显示出同骨水泥相匹配的良好临床疗效。

尽管有更认可生物固定这样的普遍看法，值得引起我们注意的是，目前绝大多数膝关节置换假体还是依赖 PMMA 的固定——至少在胫骨假体上是这样。同样有趣的是，在一些国家，有一部分医生在髋关节置换手术中也不认可生物固定，转而使用骨水泥固定。更进一步，在越来越多的肩关节置换手术中，使用 PMMA 被认为是一种理想的方法。

尽管对是否采用 PMMA 进行初次置换手术的争议不断，但骨水泥作为可靠固定材料和抗生素有效载体的地位未曾动摇。含有抗生素的骨水泥是一种能够释放活性成分的聚合物基质，它能够在局部的相当长一段时间内释放高浓度的抗生素，从而有效抑制细菌数量，有针对性清除细菌。使用 PMMA 制作的占位器，可以帮助许多患者避免痛苦的截肢手术。

极少有其他材料能像骨水泥一样具有如此长时间和深入的临床观察，也没有其他材料能

够具备如此广泛的医学需求。正是医生同材料学家共同携手努力，改进了 PMMA 的特性，使其在临床实践中取得了理想的效果。人工关节领域使用 PMMA 进行内置物假体的固定效果显著，便是一鲜活的例证。

尽管根据患者不同的年龄、健康状况等因素进行手术技术的选择合情合理，但在学习阶段的年轻医生往往有意避免学习骨水泥髋关节置换技术，并不愿意在任何初次或置换手术中考虑使用该方法。

为了避免这一令人遗憾的局面进一步扩大，以及对骨水泥在临床工作中显著成绩的正面肯定，这一版修订后的《PMMA (Bone) Cements》著作出版的时机，可以说是恰到好处。对 PMMA 在生物学以及理化性质方面的现代认识，应当使得临床医生、新材料研发者、药理学家、微生物学家以及经济学家对这一材料有全面、深入的理解。本书同样可以被用作参考文献。特别是对于未来的医生和医院工作人员，本书从临床训练、有关会议和专家角度，就如何在手术室安全、正确地使用骨水泥，收集了大量问题并给出解答。本书同样可作为一个全面的知识平台，为医院决策层（评估临床策略）提供依据。

（赵旻暉 译 蔡宏 校）

原著序

骨水泥是较为常用的自凝式丙烯酸树脂水泥，其基本成分为甲基丙烯酸甲酯（MMA）。在手术中的最后操作是将液态单体和粉剂（聚合物）混合，从而形成聚合过程。很多内在和外在的因素均对骨水泥的质量和處理有影响。水泥的（最终）质量不仅仅取决于其化学成分和制备过程，同时还受到手术团队的知识与勤勉度的影响。

骨水泥在骨科手术和其他手术领域中继续扮演着极为重要的角色。它的基本作用是用以固定假体，但同时也被用作填充材料，以及对关节假体周围感染进行预防和治疗的重要局部抗生素释放载体。

目前市场上有很多种不同的骨水泥，但对于患者而言，获得良好治疗结果的最重要因素无外乎医生对骨水泥基本知识的理解、制备过程以及正确的应用技术。

本书的出版目的在于更新前版的知识，同时本书的作者是在本领域享誉世界的专家，并将其更多的相关前期研究补充于本书内。

全髋和全膝关节置换手术的长期良好疗效取决于（医生）对于骨水泥种类的选择和水泥技术的理解。来自关节登记系统的相关数据已经补充到这一新版本中，并对于骨水泥的临床相关质量给予了更多关注，特别是蠕变、应力松弛和人体内性状，同时也包括（当代）骨水泥技术。

本书新增了骨水泥过敏的章节，相关临床问题切合主题。并且，本书采用通俗易懂的方式，对抗生素骨水泥的有关知识进行了更为深入的阐释。

这本新书对有关 PMMA 理化性质的最新知识进行了全面、易懂的解释。同时，本书也对骨水泥有关的科学和临床知识进行了高度的总结。

因此，本书可以被认为是涉及了更广泛知识的更新版本，是所有涉及 PMMA 型骨水泥问题的一本非常有价值的参考书。

我希望，本书不仅仅为科研工作者所用，更能为临床医生提供有意义的指导。

Steffen J. Breusch

2013 年 10 月

（赵旻暉 译 蔡宏校）

致 谢

首先,我想对所有“我的”学生们表达最诚挚的谢意,特别是 Rafaela Echterdiek、Alexander Wilhelm, 以及 Carsten Eberlein、Jan Meissner、Stefan Böhme 和 Daria Kasperski, 本书的顺利出版得益于他们艰苦卓绝的工作, 这包括制作各种表格、图片, 扫描影像资料以及很多相关的翻译工作。

我还要因为所有的影像资料和相关描述, 对来自 Tabea Hospital Hamburg 的 Götz v. Förster 表示深厚的谢意, Raimund Jäger (Fraunhofer Institute for Mechanics of Materials IWM, Freiburg)、Elmar 和 Stefanie Tschegg (来自 Vienna University of Technology) 评估了所有疲劳、蠕变和机械学测试结果, Erwin Steinhäuser 和 Peter Oettinger (来自 Munich University of Applied Sciences) 的工作明确了玻璃化转变的问题, Andreas Koch (Munich University of Applied Sciences) 在 Gelnorm 黏度测试上付出努力, Iason 的专家们整理总结了临床研究和骨水泥个案报道的相关文章, Edgar Wüst 为提供材料和 ISO 骨水泥测试做了准备工作, Christian Kaddick (Endolab, Rosenheim) 根据 ISO 5833 标准对大量的材料进行了测试, Marion Mank 和 Sevda Kirbas 测试了材料成分, Clemens Kittinger (Medical University of Graz) 在抗生素方面对所有微生物相关研究进行了测试和科学综述, Jasmin Jelecevic 和 Kai Löwe (Medical University of Graz) 进行了 MMA 蒸气相关研究, Ulrike Dächert (Springer) 为本书的组织 and 印刷付出了努力, 还有 Debora Coraca-Huber (Medical University of Innsbruck)、Vienna University of Technology 和 Hochschule RheinMain、University of Applied Sciences、Wiesbaden for SEM、Slawomira Chmil、Michael Eder-Halbedl (Medical University of Graz) 以及 Eric Fischer 在图片方面的工作, 在此一并表示我最真诚的谢意。

不仅如此, 我还要向所有提供科学帮助和精彩讨论的同道表示感谢, 特别是 Christof Berberich (骨水泥技术、抗生素相关专题), 还有那些为本书提出宝贵意见的学者, 他们是 Udo Gopp (力学性能、蠕变、疲劳性能、玻璃转化温度), Silvia Hahn (审批要求), Hans Bösebeck (临床观察), Neil Watkins (DePuy 发展史相关), Sigrid Brandt 和 Tim Hanstein (过敏部分、水泥历史), Nadine Zentgraf、Thomas Kluge 和 Sebastian Vogt (快速制备、水泥粘贴、成分以及化学性质方面), Elke Lieb (发展史部分), Florian Theisen (绪论、水泥粘贴), Giancarlo Rizzoli (商品化部分), Maren Schulze 和 Stanislaw Maidanuk (水泥技术), Mareike Berghaus、Antonis Kontekakis 和 Sebastian Gaiser (关节登记系统), Jasmine Phan 和 Lothar Kiontke (抗生素部分) 还有 Piet Bubenzer (法律事务相关)。

最后, 我非常感谢来自爱丁堡大学的 Steffen Breusch 教授 (University of Edinburgh, UK) 为本书所书的精彩序言。

Klaus-Dieter Kühn

骨科手术部, Graz 医学院

Auenbruggerplatz 5, 8036 Graz, 奥地利

(赵旻晔 译 蔡宏 校)

目 录

1	绪论	1
1.1	髋关节疾病	2
1.2	膝关节疾病	2
1.3	骨水泥型关节成形术	6
	参考文献	12
2	PMMA骨水泥的购买决策	15
2.1	决策者	16
2.2	决策依据	16
	参考文献	18
3	PMMA骨水泥的历史	21
3.1	热固化的原理到室温固化的发展	22
3.2	从Nu-life®骨水泥到CMW®骨水泥	23
3.3	从Simplex®Pentacryl骨水泥到Simplex®P骨水泥	25
3.4	从Paladur®骨水泥到Palacos®R骨水泥	26
3.5	从Palacos®R骨水泥到含庆大霉素的Palacos®R骨水泥	27
3.6	从含庆大霉素Palacos®R骨水泥 到含庆大霉素/Refobacin®的Palacos®R骨水泥	29
3.7	传统PMMA骨水泥的临床实验数据	29
	参考文献	31
4	关节置换登记数据	33
4.1	建立关节置换登记系统的好处	34
4.2	登记数据如何与临床研究提供的信息进行比较	36
4.3	开展关节置换登记系统的步骤	36
4.4	骨水泥型髋关节和膝关节置换的证据	39
4.5	关节登记系统中含抗生素骨水泥的结果	44
4.6	关节登记系统中聚甲基丙烯酸甲酯（PMMA）骨水泥的结果	46
4.7	现代骨水泥技术	49
	参考文献	50

5	PMMA骨水泥的审批要求	57
5.1	PMMA骨水泥的分类	58
5.2	注册标准	58
5.3	美国：实质等同原则	58
5.4	欧盟技术要求	60
5.5	美国技术要求	61
5.6	医疗产品的临床评价	62
	参考文献	67
6	PMMA骨水泥的构成与化学	71
6.1	液体组分	72
6.2	粉体组分	75
6.3	包装及消毒	83
6.4	粉体和液体的比例	83
6.5	从MMA到PMMA的聚合反应	86
6.6	分子量	87
	参考文献	89
7	面团期PMMA骨水泥的特性	91
7.1	骨水泥的操作特性	92
7.2	影响因素	104
	参考文献	107
8	固化PMMA骨水泥的性质	111
8.1	收缩性	112
8.2	聚合温度	113
8.3	预冷和预热处理对移植物的影响	114
8.4	冷却水泥组分的影响	118
	参考文献	120
9	作为药物载体的PMMA骨水泥	123
9.1	关节置换术中局部使用抗生素	124
9.2	作为药物输送系统的PMMA骨水泥	124
9.3	细菌的鉴定	125
9.4	骨水泥中使用的抗生素	127

9.5	耐药性·····	130
9.6	抗生素的测定方法·····	135
9.7	影响释放特性的其他因素·····	136
9.8	耐甲氧西林金黄色葡萄球菌 (MRSA) ·····	142
9.9	一期和二期翻修·····	142
9.10	手工加入抗生素·····	146
	参考文献·····	152
10	PMMA骨水泥的聚合残留物·····	157
10.1	残留单体·····	158
10.2	残留的N,N-二甲基对甲苯胺 (DmpT) ·····	162
	参考文献·····	164
11	过敏反应以及PMMA骨水泥的相互作用 ·····	167
11.1	概述·····	168
11.2	过敏反应激发子·····	168
11.3	骨水泥中的过敏反应激发子·····	168
11.4	钛与PMMA间的相互作用·····	172
	参考文献·····	173
12	PMMA骨水泥的力学性能 ·····	177
12.1	准静态力学性能·····	178
12.2	断裂力学性能·····	187
12.3	蠕变行为·····	189
	参考文献·····	193
13	新的比较数据 ·····	197
13.1	骨水泥成分·····	198
13.2	操作特性·····	201
13.3	分子量·····	201
13.4	过氧化苯甲酰 (BPO) : Dmpt比率 ·····	201
13.5	显影剂·····	204
13.6	黏度·····	204
13.7	面团形成、渗入和固化的国际标准 (ISO) ·····	206
13.8	机械特性的国际标准 (ISO) ·····	207

14 PMMA骨水泥的疲劳性能 209

14.1 疲劳行为 210

14.2 测量过程 210

14.3 疲劳行为的影响因素 212

14.4 疲劳裂纹扩展 220

参考文献 220

15 PMMA骨水泥的玻璃转化温度 223

15.1 PMMA骨水泥的玻璃转化 224

15.2 膨胀 225

15.3 动态机械分析 227

15.4 差示扫描量热法 229

参考文献 233

16 现代骨水泥技术 235

16.1 混合技术 236

16.2 开放真空混合系统 239

16.3 预充填真空混合系统 242

16.4 真空混合与预充填骨水泥的数据比较 246

16.5 MMA挥发 250

16.6 开放式真空搅拌系统 250

16.7 温度 254

16.8 骨床的准备 255

16.9 骨水泥的填充 257

16.10 加压操作 257

16.11 TKA术中假体部件的骨水泥操作 258

参考文献 260

17 特殊类型的PMMA骨水泥 263

17.1 脊柱手术中的低黏PMMA骨水泥 264

17.2 快速凝固型PMMA骨水泥 264

17.3 简化：水泥浆 266

参考文献 269

附 录

问卷调查 272

1. 绪论

1.1 髋关节疾病	2
1.2 膝关节疾病	2
1.3 骨水泥型关节成形术	6
参考文献	12

疾病或其他因素会引起关节磨损或撕裂等不可逆的结构损伤，最终关节疼痛进行性加重，导致活动受限，进而出现生活质量下降（■图 1.1）。尤其对晚期的骨关节病而言，人工关节置换是唯一有效的治疗方式。髋关节是置换最多的关节，膝关节次之。

1.1 髋关节疾病

对于健康的髋关节来说，关节间隙完整，不伴有畸形、骨赘和囊性变（■图 1.1a）。关节的受力部位在关节病变的早期很少表现出不规则变化和缺损，此时可采用保守治疗（■图 1.1b）。当 X 线上发现骨赘生成且关节间隙消失时，患者的疼痛水平将成为是否进行关节置换的决定性因素（■图 1.1c）。

在股骨头坏死的病例中，如果 X 线发现明显的囊性变，关节间隙狭窄，股骨头变形并且坏死，患者就急需进行关节置换术（■图 1.1d）。髋关节发育不良的患者也会出现类似的情形，如关节间隙狭窄、骨赘形成以及明显的股骨头外移（■图 1.1e），此时也应选择手术治疗。髋臼中心性脱位的病例呈现典型的变化——关节间隙多数情况下保持完好，但畸形的股骨头形成特征性的圆锥形，突入骨盆。再次重申，为了防止髋臼骨折，当见到骨赘与囊性变等畸形表现时，应建议行关节置换术（■图 1.1f）。

1.2 膝关节疾病

健康的膝关节关节间隙没有病变，与髋关节相似，同样也没有畸形，没有骨赘生成，没有囊性变。此外，还可能有一条内翻或外翻的力线（■图 1.2a）。关节病变早期，关节间隙很容易观察，然而，如见到轻微的骨硬化则提示早期畸形（■图 1.2b）。如同髋关节一样，建议进行保守治疗。内翻膝通常表现为关节间隙内侧磨损，而外侧则无影响（■图 1.2c）。相反，外翻膝则表现为关节间隙外侧磨损，而内侧无影响（■图 1.2d）。对于炎性关节病变而言，关节间隙双侧狭窄（■图 1.2e、f），在关节炎程度较重时，可见明显的骨赘。

PMMA 骨水泥在医学领域中广泛应用，但主要是用于人工关节假体的固定（■图 1.3）。骨水泥充填在假体与骨质之间的空隙里（■图 1.4）。不规则的骨床面以及骨水泥渗入海绵状的松质骨骨小梁中是植入物长期生存的前提条件（Charnley, 1970 ; Draenert, 1983）。由于自身的刚性和缓冲，骨水泥类似于一个弹性区域，将应力传导至周围的骨质（■图 1.5）。

■图1.1 健康的髋关节（a）与伴有病变的髋关节（b ~ f）的术前影像（感谢德国汉堡Tabea医院的G.v.Foerster医生提供的支持）。a. 健康、正常的髋关节，关节间隙完整，没有发现病变，无异常影像，无赘骨生成，无囊性变，无畸形，无明显的外翻或内翻。b. 右侧髋关节的早期关节病变，髋内翻，颈干角（CCD角）大约115°，关节间隙的应力区域轻微异常，需要临床治疗干预。治疗方法：对早期代偿期的疼痛采用保守治疗：如理疗或透明质酸注射。c. 左侧髋关节外翻，CCD角大约160°，负重区关节间隙可见，下方部分退变，边缘性骨赘从下方延续到头-颈部。治疗方法：依患者症状而定，如果疼痛进行性加重，应该行全髋关节成形术（THA）。d. 右侧股骨头坏死。关节间隙完全消失，髋臼顶部形成囊性变，股骨头已经坏死变形，治疗方法：THA。e. 髋关节发育不良的髋骨性关节炎，负重区关节间隙完全消失，骨赘增生明显（向外延伸骨赘），股骨头外移（发育不良）。治疗方法：THA。f. 左侧为内陷性髋骨性关节炎，关节间隙存在但中心部位狭窄，股骨头向髋臼中心脱位，骨赘主要在头颈部移行，股骨头呈典型的圆锥形，股骨颈囊性变。治疗方法：THA