

人工关节置换

假骨结构中的应力和热传导分析

李永年 张建海 译



成都科技大学出版社

人工关节置换

——假骨结构中的应力和热传导分析

[荷]R·惠思克斯 著

(川)新登字 015 号

责任编辑:韩 果

封面设计:光 光

人工关节置换

假骨结构中的应力和热传导分析

李永年 张建海 译

成都科技大学出版社出版发行

华西医科大学印刷厂印刷

开本:787×1092 1/32 印张:8.5625

1993年8月第1版 1993年8月第1次印刷

印数:1—200册 字数:185千字

ISBN7—5616—2233—3 /Q·19

定价:10.00 元

前 言

惠斯克斯教授,系荷兰著名矫形骨外科权威专家,荷兰尼基梅根大学矫形骨外科系实验矫形骨外科研究室负责人。他不仅从事学科方面的研究与教学工作,而且在临床方面也很有造诣。他的研究室与荷兰艾茵道纹工业大学机械系应用力学分系合作,开展矫形骨外科学—力学—计算力学的跨学科工作多年,工作成绩在世界上居于领先行列。

这本书就是他们多年合作的工作成果的反映。内容很充实,几乎都是他们自己的研究、计算、实验工作的成果。这种工作作风,很值得我们学习。

原书总结了大量文献资料,深入浅出,既适用于专门从事人体关节置换工作的专门研究人员和专业工作人员,又可为不熟悉人工关节置换程序的人士提供入门知识;可供医科、工科、力学(尤其是生物力学)专业的教师、研究生、研究人员、大学本科学生用作教科书和参考书;尤可供从事矫形骨外科研究工作和临床工作的专业人员参考。

陈大明

2012/02

原著致谢

一个力图在矫形生物力学方面有所贡献的工程师常常感到如同一个初学滑雪的新手——两条腿站在相互分离的支撑上,但两条腿并不一定向同一方向前进。这种情况下常常需要其他人的帮助。

我衷心感谢所有帮助我完成这部著作的人。

我特别感谢尼基梅根(Nijmegen)大学矫形外科系全体成员,以及艾因道汝(Eindhoven)工业大学机械工程系应用力学室的全体成员,感谢他们对于这部著作主动的态度及无价的支持。我必须单独感谢 Marcel Brekelmans 和 Frans Veldpaus 博士对我力学方面知识的经常性的帮助。

感谢 Jos Banens (艾因道汝工业大学计算中心)帮助我使用 FEM 计算机系统,感谢 Joost de Wijn (尼基梅根大学牙科材料研究实验室)在生物材料方面丰富的专业知识。对这部著作的完成作出重要贡献的是两位工程学生:Jos Van Heck 和 R. Schouten,他们帮助我运行了许多计算程序。医学学生 Frank Hoogbergen 帮助我回顾了矫形外科方面的文献。

我非常感谢 Marlies Lutkie 小姐,她以令人赞叹的准确、速度、更重要的是她的幽默,帮助我打印了许多手稿。我也感谢 Ton de Lange 的绘图工作。

我由衷感谢 A. Smith-Hardy 先生在英语用法方面无数的提醒和帮助。

绪 论

人工关节置换,即用人造器械代替天然关节的运动和动力学功能。人工关节置换已广泛应用于关节炎晚期治疗,外伤致残及骨瘤切除外科手术中,这一肌肉骨骼系统中进行的手术十分复杂,有许多生理学和力学方面的问题。我们的目标是使病人从生理学和力学的角度均处于最佳状态。

从更深地理解关节和关节置换中复杂力学问题这一共同出发点,矫形外科医生和生物力学、生物材料方面的工程人员走到了一起。矫形生物力学研究正常骨、关节和结缔组织的结构、力学作用,以及骨与人工种植物间的相互作用。这些研究的目的在于从量上对肌肉骨骼系统的力学问题有更好的认识,并从力学的观点提出诊断手段和外科操作的指标。尼基梅根大学矫形生物力学实验室在约五年前建立了矫形生物力学分支。这一分支与艾因道汝工业大学机械工程系应用力学研究室合作研究了人工关节松动问题。本书中各章节即为这一跨学科的研究成果。

因为这一领域对工程学来说相当新,特别是在荷兰,所以,我们作出了巨大努力搞清人工关节作为一种矫形治疗的发生率、其存在的问题以及一名工程师可能作出的贡献。

尽管常常未认识到,关节炎是社会中的主要的致残疾病之一。Chao (1976)引用了美国的一些关节炎统计资料:1973 年一项关节炎基金研究表明在两千万美国人中,其中 75% 在 45 岁到 65 岁之间,有关节炎症状。1969 年,因关节炎使老年病人卧床时间达 7000 万天,在职职工丢失 1400 万余工作日。

尽管关节炎死亡率不高,关节炎使病人遭受剧烈痛苦和功能障碍。这一疾病在社会保障、人力损失和保健方面带来的经济后果是十分严重的。

自六十年代人工关节的发展出现突破后,许多有严重关节炎的病人成功进行了手术,使得术后关节无疼痛且关节功能正常。图 1(Gschwend, 1976)给出了瑞士人工髋关节置换的数目及关节炎的其它治疗情况。

人工关节置换的成功回溯起来时间不长,但其研究早已开始,对此, Walker (1977) 及 Huggler, Schreiber (1978) 进行了详尽的回顾。

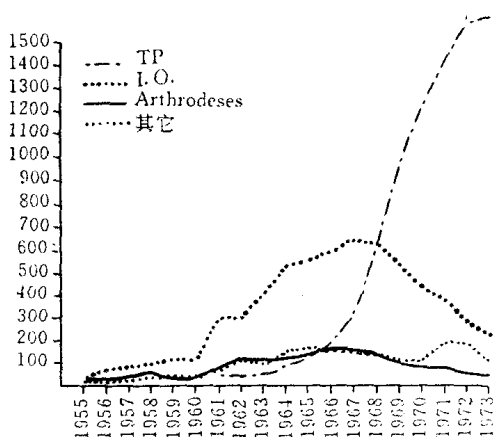


图 1 1955~1973 年 9 所瑞士矫形诊所因骨关节炎而进行的髋关节手术数。TP: 全髋置换; IO: 股骨粗隆间切骨术; Arthrodeses: 关节固定 (Gschwend, 1976)。

由于髋关节具有重要的运动及承荷作用,并且相当多的病人经受着退化性髋关节疾病,人工关节置换首先集中研究

髌关节。

本世纪初,进行了许多治疗方法和材料方面的试验。Smith-Petersen (1939), Moore 和 Bohlman (1943) 及 Judet (1954) 均有这方面的实验报道。他们的关节置换手术仅置换关节中的某一个组件。

Wiles (1957) 使用了全髌置换, 即关节两侧分别由股骨件和髌臼件代替。

尽管由于更好的消毒手段和麻醉手段, 而使本世纪人工关节置换外科程序基本上走向成熟, 早期关节置换的短期和长期疗效仍相当差, 主要原因在于 缺乏良好的固定。这一问题在 Charnley (1960) 引入骨水泥作为填充固定材料后发生了改变。他提出了“低摩擦”全髌成形术, 即将关节髌臼件用一个塑料杯代替, 把股骨件用一个金属内用假体代替。

丙烯酸粘固剂, 或称骨水泥, 是一种“冷凝”塑材。它由聚甲基丙烯酸甲酯和单甲基丙烯酸甲酯混合而成。在混合物处于面团样状态时置于骨中, 以便于外科医生在种植体和骨间将其塑造成一定形状。几分钟后, 它便聚合为固体物质。尽管骨水泥既不与骨相粘连, 也不与种植体相粘连, 但由于骨水泥填充了空间, 保证了荷载分布的均匀和种植体的牢固安置。图 2 所示为 Charnley 人工髌关节示意图。

Charnley (1972) 报道的结果非常好, 在这一突破之后, 全髌置换手术不断被采用, 使之成为今天矫形临床学中主要外科手段之一。

尽管髌关节仍是大家研究的中心, 其它关节的研究也已迅速展开。Moeys (1954), Shiers (1954) 和 Walldius (1957) 开发了膝关节人工铰, 随后, 在二十世纪七十年代 (图 3), 出现

了许多膝表面置换设计。早在二十世纪五十年代,已开始有人注意到肘关节、肩关节及指关节、最近已开始了踝及腕关节的研究。现在,对各种关节均有数种设计方案,特别是踝关节及膝关节在大多数矫形诊所已成为常规手术。

1977年尼基梅根大学矫形外科系,人工关节置换手术约占全部手术的20%,占总手术时间约30%,其中75%为髌关节置换,23%为膝关节置换。

Hori et al(1978)从多种

资料估算,得到了美国每年进行关节置换的数字。在他们的调查表中,他们不仅研究了关节置换数目,而且指示出了需要进行人工关节置换但因无可靠成品而未进行手术的病人数量。他们的结果总结如表1。

表1. * 需进行人工关节置换但因无可靠成品而未进行手术的病人数量。

	1972	1973	1974	1975	1976	总计	1976
	种 植						*
髌	55,000	75,000	77,500	80,000	80,000	367,500	89,600
膝	4,000	10,000	20,000	32,500	40,000	106,500	52,800
其它	2,500	3,800	6,500	8,500	10,000	31,300	33,900
总计	61,500	88,800	104,000	121,000	130,000	505,300	176,300

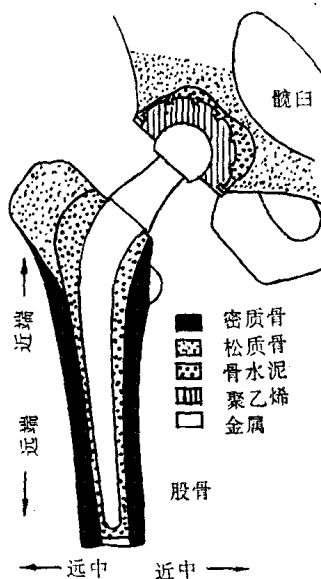


图2 Charnley 全髌假骨结构示意图。

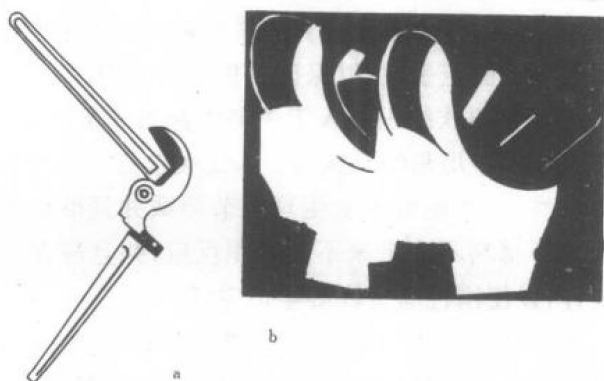


图 3 两种主要人工膝关节

(a)G. U. E. P. A. R 铰链型

(b)Geomedic 表面型

医学登记基金会给出了荷兰关节置换数据(表 I)。

表 I :荷兰 1977 年进行的关节成形手术数。

髌:7,277	手(包括腕):不确定
膝:643	肩: 29
肘:30	踝: 无数据

可以预计,在不久的将来,世界上每年将约有 30 万人进行人工关节置换手术。若取病人术后寿命为 8 年,(随意估计),则平均将有 240 万带有人工关节的病人生活着。

尽管人工关节已广泛应用,但它仍有许多并发症。其中某些见于所有手术中,而另外一些并发症的发生则有其特殊性。最令人烦恼的问题是装置发生松动,这一现象直接或间接地

由力学及生理原因产生。从病人随访发现,松动随术后时间迅速增长。而且,一般来讲,这限制了人工关节在老年患者身上的使用。现在,医学和工程界的科学家正致力于发展无并发症人工关节及固定手段,以保证更长的使用期。

尽管骨和软组织在人工关节中起着重要而复杂的作用,人工关节的作用是纯机械的。人工关节必须具有天然关节的动力特性;必须能够承受生理关节荷载并且摩擦小,耐磨损;人工关节材料不应带来不良组织反应,并且应保证荷载传递形式好,以使刚性固定许多年仍完好。

直到最近,人工关节是在不断的感性摸索中前进的。一定数目的病人接受某种新设计,数年后,进行随访,从短期和长期随访的发现来判断是否采纳或淘汰此种设计。很少能将关节损坏与设计特点相联系。一种很好的设计方案会因种植不良而遭淘汰,而一种差的设计方案可能因外科医生手术进行得成功而被广泛接受。现在,不同关节都有数类人工关节。这些人工关节可划分为不同类别;在每一类中,其差别仅仅是细部的。如果我们仅计“流行”的类型,则人工膝关节有48种,人工肘关节10种,人工肩关节4种,人工踝关节6种,人工指关节10种,人工腕关节有数种,人工髌关节远多于100种。每年均有新型设计出现,有时差别仅是细微的。在如此众多的假肢类型中,几乎没有一种公认的选择标准。矫形医生往往无法知道人工关节损伤到底是由外科手术、病人个体差异还是由假肢的设计带来的。

后续章节的目的在于研究人工关节及其在人体中运动的一些基本问题。围绕种植松动进行了两项课题的研究。一、骨坏死原因。骨坏死常见于术后,在靠近骨水泥与骨交界处,具

体来说,研究骨水泥聚合过程中热传导的影响。这一部分的工作在第二篇中描述。二、种植体、骨水泥、骨及其接触区在生理关节荷载作用下的应力分布。这些应力分析限于髓内固定系统,即假体用假骨柄固定于骨髓腔内。这一部分的工作在第三篇中描述。

这两个课题均主要采用解析法研究。用力学及热传导理论来推导系统行为及系统参数的影响。这一研究手段在矫形外科学中是不常见的。

本书对假体设计提出了客观的量化标准及外科程序并提出了一种预测某种髓内假体设计的力学性能的简单方法,但应注意,本书的目的并不在于提出某种新仪器或新的设计方案。

本书所述两个研究课题并非首次对此领域的探索,也不会是最终的。由于本书中所述方法在矫形科学中不常见,且从医学的角度看十分复杂,第一篇讨论了理论方法的研究范畴及局限性。

REFERENCES

- Chao, E. Y (1976); The biomechanics of total joint replacement surgery; Geriatrics; March.
- Charnley, J. (1972); The long-term results of low friction arthroplasty of the hip performed as a primary intervention; J. Bone Jt. Surg. 54 B:61.
- Gschwend, N. (1976); Symposium on total prostheses, clinical material and overall-results;
In: Total hip prosthesis (Gschwend and Debrunner, eds.); Hans Huber Publ. ; Bern, Stuttgart, Vienna.
- Hori, R. Y. , Lewis, J. L. , Zimmerman, J. R. and Compere, C. L. (1978); The number of total joint replacements in the United States; Clin. Orthop. and Rel. Res. ; No. 132, 46-52.
- Huggler, A. H. und Schreiber, A. (1978); Alloarthroplastik des Hüftgelenkes; Georg Thieme Verlag, Stuttgart.
- Judet, R. (1954); Experience of hip arthroplasties by acrylic prostheses since 1946; J. Bone Jt. Surg. 36-B, 691.
- Moeys, E. Y. (1954); Metal alloplasty of the knee joint; J. Bone Jt. Surg. 36-A, 363.
- Moore, A. T. and Bohlman, H. R. (1943); Metal hip joint — A case report; J. Bone Jt. Surg. 25:688.

- Rens, Th. J. G. van and Huiskes, R. (1976); De operatieve behandeling van gonarthrosis; Ned. T. v. Geneesk. 20, nr. 31, p. 1322.
- Shiers, L. P. G. (1954); Arthroplasty of the knee; J. Bone Jt. Surg. 36-B, 553.
- Smith-Petersen, M. N. (1939); Arthroplasty of the hip. A new method; J. Bone Jt. Surg. 21:269.
- Walker, P. S. (1977); Human joints and their artificial replacements; Charles C. Thomas, Publ. , Springfield, 111.
- Walldius, B. (1957); Arthroplasty of the knee, using an endoprosthesis; Acta Orthop. Scand. Suppl. 24:5.
- Wiles, P. (1957); The surgery of the osteo-arthritis hip; Br. J. Surg. , 45:488.

目 录

原著致谢	(6)
绪论	(7)
参考文献	(14)
第一篇	
人工关节置换的特点及其并发症	(1)
引言	(1)
第一章 骨植入系统的特点	(1)
1. 1. 外科程序	(1)
1. 2. 对人工关节的基本要求	(3)
1. 3. 种植体的形状和材料	(4)
1. 4. 关节荷载	(4)
1. 5. 丙烯酸粘固剂(骨水泥)	(6)
1. 6. 骨组织对关节置换的反应	(10)
1. 7. 骨水泥/骨界面	(13)
第二章 人工关节置换的并发症	(17)
2. 1. 引述	(17)
2. 2. 无菌松动	(18)
2. 3. 种植体损坏和骨断裂	(21)
第三章 当前研究的对象和手段	(24)
3. 1. 引述	(24)
3. 2. 热传导分析	(25)
3. 3. 应力分析	(26)
参考文献	(28)

第二篇

丙烯酸骨粘固剂的热生成和热传导分析	(41)
符号表	(41)
第一章 引述	(44)
第二章 对以往工作的简要回顾	(45)
2.1. 实体温度测量	(45)
2.2. 实验温度测量	(45)
2.3. 理论研究	(48)
第三章 骨坏死的热阈值	(48)
第四章 热生成和热传导的理论分析	(50)
4.1. 假设和简化	(50)
4.2. 数学推导	(52)
4.3. 解题方法	(53)
第五章 对有关热性能的文献的回顾	(55)
5.1. 丙烯酸粘固剂的成分	(55)
5.2. 丙烯酸粘固剂的产热	(56)
5.3. 热容和热传导性质	(58)
5.3.1. 丙烯酸粘固剂	(58)
5.3.2. 种植材料	(60)
5.3.3. 骨	(60)
5.3.4. 骨水泥/骨界面	(64)
5.4. 边界热输运	(66)
5.5. 初始和环境温度	(67)
5.6. 结论	(67)
第六章 模型的建立	(69)
6.1. 硬化中的丙烯酸粘固剂球	(69)

6.2. 聚四氟乙烯杯中硬化的丙烯酸粘固剂	(73)
6.3. 结论	(76)
第七章 髓内固定种植的参数分析	(78)
7.1. 对模型的描述	(78)
7.2. 骨表热输运	(81)
7.3. 骨水泥/骨界面热传导系数	(83)
7.4. 骨和种植体的尺寸	(83)
7.5. 热生成参量	(87)
7.6. 热容和热传导参量	(88)
7.7. 初始和环境温度	(89)
7.8. 结论	(91)
7.9. 一个关于由骨水泥造成的组织热损伤的假说	(96)
第八章 基节杯固定过程中的温度分析	(98)
第九章 消除组织热损伤的措施	(105)
9.1. 在粉末中加入“热壑”	(105)
9.2. 骨水泥混合物中加入水样凝胶	(106)
9.3. 提高 P/L 比值	(108)
9.4. 阻滞聚合过程	(108)
9.5. 手术区域的预冷却	(109)
9.6. 结论	(109)
第十章 讨论	(111)
参考文献	(114)
第三篇	
髓内固定系统的应力分析	(123)
符号表	(124)