# METAL-ON-METAL VERSUS CONVENTIONAL TOTAL HIP REPLACEMENT

Essay submitted for partial fulfillment of the master degree in orthopaedic surgery

BY

AHMED SAID MOHAMED
M.B.B.CH

SUPERVISED BY

PROF.DR.MOHAMED SADEK ALSOKKARY
PROFESSOR OF ORTHOPAEDIC SURGERY
FACULTY OF MEDICINE-AIN SHAMS UNIVERSITY

DR.ASHRAF MOHAMED ELSEDDAWY
LECTURER OF ORTHOPAEDIC SURGERY
FACULTY OF MEDICINE-AIN SHAMS UNIVERSITY

FACULTY OF MEDICINE
AIN SHAMS UNIVERSITY
2008

# Aim of the work:

The aim of the work is to clarify the difference between metal on metal and conventional THR as regard their biomechanics,biomaterials,advantage ,disadvantage and clinical experience.

# LIST OF CONTENTS

CHAPTER1: INTRODUCTION

HISTORICAL REVIEW

CHAPTER 2: ANATOMY

CHAPTER 3: BIOMECHANICS

CHAPTER 4: BIOMATERIALS

CHAPTER 5: ADVANTAGE AND DISADVANTAGE

CHAPTER 6: CLINICAL EXPERIENCE

CHAPTER 7: SUMMARY

CONCLUSION

REFERENCES

ARABIC SUMMARY

## المقدمة:

لا تزال قصة نجاح تطوير المفاصل الصناعية تتطورمع المجهودات المبذولة لتحسين محاكاة و إدامة وظيفة المفصل مع مرور الوقت. إن عملية تغيير مفصل الفخذ الكلي هي من أكثر العمليات شيوعًا و فعالية من حيث التكلفة. و لها دور كبير في استعادة إعتماد الأفراد المعرضون لخطر التقلص الشديد في أسلوب حياتهم نتيجة لإختلال وظيفة المفصل. إن النجاح الملحوظ الذي حققه تغيير مفصل الفحذ الكلي في استعادة المرضى كبار السن الذين يعانون من خشونة المفاصل أو غيرها من أمراض المفاصل قدرتهم على المشي قد شجّع المجهودات المبذولة لتطوير المفاصل الأكثر تحملًا للاستخدام لصغار السن.
فإن الدروس المستفاده على مدار عدة عقود من الخبرة مع مجموعة متنوعة من التصميمات والمواد، أوجدت الامكانيات لأجهزة جديدةوالتي يمكنها ان تتحمل متطلبات اكبر على فترةاطول من الخدمة. فقد أزال النجاح في الماضي العائق لوضع معايير جديدة للأداء.

تآكل سطوح المفاصل أصبح أهم المتغيرات التي أعاقت إطالة عمر التصميمات الحالية و الأخرى الفعالة. و قد استُخدمت أنواع مختلفة من المواد لصناعة رأس عظمة الفخذ و السطح الحامل لعظمة الفخذ عبر تاريخ تغيير مفصل الفخذ الكلي. و أكثر هذه المواد شيوعًا، البوليمرات و المعادن و السيراميك. بالنسبة لمفاصل المعدن على المعدن فتتآكل بنسبة ضئيلة و لديها مقاومة عالية ضد الصدمات، مما يجعلها أقل عرضة للكسر. و هذا المفصل قد استخدم منذ بداية تغيير مفصل الفخذ الكلي و لكن قل استخدامه بظهور تصميمات منافسة، و لا سيما المفصل الذي يستخدم رأس عظمة الفخذ المعدنية على السطح الحامل لعظمة الفخذ المصنوع من البولي إثيلين. من ناحية أخرى، فإن النجاح الإكلينيكي لمفصل المعدن على البولي إثيلين كان يرجع إلى حد كبير لغيرها من المميزات التصميمية و التي قللت من خطر تفكك المفصل من العظم و بالتالي توفير مدة خدمة أطول. و لكن قدرة هذا النوع من المفاصل على التحمل محدودة للغاية نتيجة لتآكلها.

زيادة قوة المفصل و التحسينات في قوة و متانة تثبيته في العظم قد جعلوا تآكل أسطح المفاصل السبب الرئيسي في تقييد عملية تغيير مفصل الفخذ لصغار السن أو للأفراد الأكثر نشاطًا. و على هذا الأساس، تجدد الاهتمام بمفاصل المعدن على المعدن هذا بجانب الزيادة الملحوظة في مفاصل المعدن على المعدن التي أُدخلت حديثًا أو في مراحل التجارب الأخيرة. الهدف المشترك لهذه المفاصل هو تقليل تآكل سطح المفصل، و بالتالي زيادة السعة الوظيفية و التحمل للمفصل و تقليل الحاجة للجراحات التنقيحية.

كل عنصر في تصميم المفصل الصناعي، بما في ذلك المواد، يستحق تقييم سلامته بعناية على الأمد الطويل. و استنادًا إلى الخبرة الكبيرة من كل من التجربة الأولية مع

مفصل المعدن على المعدن،بعض منهم أدّى وظيفته جيدًا لمدة ثلاثين عامًا، و الجيل الثاني من الأجهزة تخطى خمسة عشر عامًا حتى الآن. في هذا سيتم تقييم جوانب واسعة لمميزات و مخاطر أجهزة المعدن على المعدن على أساس الدراسات المنشورة و صلتها بأسطح المفاصل الأخرى.

بالإضافة إلى مفصل المعدن على البولي اثيلين التقليدي، أصبح المعدن على المعدن و السيراميك على السيراميك أكثر شعبية في السنوات الأخيرة.أظهر مفصل المعدن على المعدن نتائج اكلينيكية جيدة و معدل بطيئ جدًا لتآكل الأسطح و لكنه أظهر أيضًا معدلات عالية لجزيئات الكوبالت و الكروميام في الدم. بالإضافة أنه لم يتم التحقق بعد من تاثيرها السام و المسرطن. و لذا ظهر الاحتياج لدراسات مستقبلية طويلة الأمد للتعرف على مخاطر هذه المفاصل و امكانية التسمم الناتج عن الكوبالت و الكروميوم. و بدا أن مفصل السيراميك على السيراميك خيار آمن للمرضى صغار السن و الاكثر نشاطا بناءً على معدله البطيء جدًا في التآكل و نتائجه الاكلينيكية الجيدة

# Metal-on-metal versus conventional total hip replacement

The nature of the articulating surfaces in total hip arthroplasty has been the subject of current major debate. It has become clear through mid-term and long-term evaluations that wear of the bearing coupling is a notable issue.
The conventional bearing consisted of cobalt-chromium femoral head articulating against an ultra high molecular weight polyethylene acetabular component, has predictable wear of polyethylene insert, generating debris that can lead to biologic reaction, osteolysis, pain, and possible prosthetic failure.
As patient demand for the procedure of THR increases, and the average age at which such replacement decreases, the problems with prosthetic failure will be magnified. In response to these issues, a number of other bearing couples have been introduced including cross-linked polyethylene inserts, ceramic on ceramic articulation, and re-introduction of metal on metal bearings.
As with any other bearing articulation, there are disadvantages to the use of metal on metal articulation. Some of these are well documented, while others are more theoretical. Concerns continue to exist regarding the production of metal ions, biologic concerns resulting from prolonged exposure to elevated serum metal ions, issues of hypersensitivity, implant specific issues, and challenge of appropriate patient selection. There's also a concern about the potential for malignant degeneration secondary to prolonged exposure to elevated serum elements. The available data are insufficient to address this concern.

**Conclusion**

- Both groups of patients have improved clinically to a similar extent in the short-term follow up.
- The rate of early postoperative complications was analogous in both groups.
- The range of motion improved in all directions in both groups with more improvement in abduction, adduction, and external rotation ranges in MoM group.
- Longer follow-up is needed to detect differences between both groups as regard loosening rates.

Longer follow-up is needed to assess the theoretical hazards of elevated metal ions in patients receiving MoM prostheses.

## Ahmed Said Mohamed

*Acknowledgment*

*I am greatly indebted to Professor Dr.Mohamed Sadek Alsokkary, Professor of Orthopedic Surgery, Ain Shams University, for his kind guidance, great help and continuous support.*

*I owe what is beyond words to Dr. Ashraf Mohamed Elseddawy, Lecturer of Orthopedic Surgery, Ain Shams University, he assisted me in assembling the finest details of this work and gave me from his time, knowledge and sincere encouragement what is beyond most wild hopes.*

*Ahmed Said*

# List of Figures


| | | |
|---|---|---|
| Figure 1-1 | Charnley's initial "double cup" design totally PTFE in 1958 mimicked the natural joint. | **6** |
| Figure 1-2 | PTFE acetabular cups articulating against cemented metal femoral components, initially of large diameter, then of smaller diameters. | **9** |
| Figure 1-3 | Final metal on PTFE design introduced at 1960. | **10** |
| Figure 1-4 | Radiographic (left) and real photo (right) showing severe wear of PTFE cups 1-2 years post-implantation. | **11** |
| Figure 1-5 | Retrieved Judet hip prosthesis. | **13** |
| Figure 1-6 | Comparison of wear rate between HDPE and UHMWPE. | **15** |
| Figure 1-7 | A schematic representation of the chemical structures for ethylene and polyethylene. | **17** |
| Figure 1-8 | TEM micrograph showing the composite nature of UHMWPE as an interconnected network of amorphous and crystalline regions. | **19** |
| Figure 1-9 | Cross-linked PE | **22** |
| Figure 1-10 | Philips wiles arthroplasty. | **24** |

| | | |
|---|---|---|
| Figure 1-11 | Earliest design of McKee prosthesis applied at early 1950s. | **26** |
| Figure 1-12 | Early model used by McKee between 1956 and 1960. | **27** |
| Figure 1-13 | McKee hip prosthesis designed for cemented fixation of both components in 1960. | **28** |
| Figure 1-14 | Thompson femoral components (left and middle) used between 1961 and 1964 after the introduction of the acrylic cement. | **28** |
| Figure 1-15 | Definitive McKee-Farrar components. | **29** |
| Figure 1-16 | The development of Ring press-fit, metal on metal hip prosthesis started in 1964. | **30** |
| Figure 1-17 | Definitive model of Ring hip prosthesis designed in 1971. | **31** |
| Figure 1-18 | The Stanmore metal on metal arthroplasty. Fig. 1-18, A, early model with acetabular component in two parts. Fig.1-18, B, definitive one-piece acetabular component. | **32** |
| Figure 1-19 | Huggler and Müller cast CoCr alloy hip replacements. | **33** |
| Figure 1-20 | The Sivash hip prosthesis. | **35** |

| | | |
|---|---|---|
| Figure 1-21 | Weber acetabular component with CoCr Metasul articular surface. The stem was Anatomic Porous Replacement stem (APR-stem) with Metasul CoCr head. | **37** |
| Figure 2-1 | Anatomy of proximal femur . | **41** |
| Figure 2-2 | Anteversion angle. | **42** |
| Figure 2-3 | Anatomy of posterior surface of proximal femur . | **43** |
| Figure 2-4 | Orientation of the acetabulum . | **44** |
| Figure 2-5 | Capsule & ligaments of hip joint . | **46** |
| Figure 2-6 | Floor of acetabulum is removed showing the ligamentum teres and transverse ligament | **47** |
| Figure 2-7 | Vessels around the hip | **49** |
| Figure 2-8 | Nerves around hip joint | **52** |
| Figure 2-9 | Quadrant system of the hip | **54** |
| Figure 3-1 | Lever arms acting on hip joint. | **57** |

| | | |
|---|---|---|
| Figure 3-2 | Forces producing torsion of stem. | **58** |
| Figure 3-3 | Features of femoral component. | **62** |
| Figure 3-4 | Lever arm of bending moment. | **63** |
| Figure 3-5 | Greater range of motion is allowed by the use of a large femoral head | **66** |
| Figure 3-6 | If increased motion is allowed, then neck impingement can lever the head out of the acetabulum | **67** |
| Figure 3-7 | The larger femoral head must displace by a greater amount to sublux. Thus, the larger head should theoretically be more stable. | **68** |
| Figure 3-8 | Effect of femoral head diameter on the displacement necessary for dislocation | **68** |
| Figure 3-9 | Problems of impingement with short femoral necks | **74** |
| Figure3-10 | Increased proximal stresses due to short femoral stem | **77** |
| Figure 4-1 | Stress-strain diagram. | **84** |

| | | |
|---|---|---|
| Figure 4-2 | Modulus of elasticity . | **86** |
| Figure 4-3 | Typical fatigue diagram for metals showing number of cycles to failure for a given applied cyclic stresses. | **89** |
| Figure 5-1 | Photomicrographs of periprosthetic interfascial tissue removed from patients with failed cementless (Fig. 5-1, a) and cemented (Fig. 5-1, b) M on PE total hip replacements. | **94** |
| Figure 5-2 | Histologic section of the neocapsule retrieved from a hip with aseptic loosening. | **110** |
| Figure 5-3 | Histologic section of the neocapsule retrieved from a hip with aseptic loosening. | **111** |

# List of Tables


| | | |
|---|---|---|
| Table 1 | Different types of polyethylene. | 14 |
| | | |

# List of Abbreviations and Symbols

## Abbreviations

**Co … Cobalt**
**Cr … Chromium**
**HHS … Harris hip score**
**IL-1 … Interlukin – 1**
**IL-6 … Interlukin – 6**
**Mo … Molybdenum**
**MOM … Metal-on-Metal**
**M-on-PE … Metal on polyethylene**
**Ni … Nickel**
**OPG … Osteoprotegrin**
**PE … Polyethylene**
**PMMA … Polymethyl methacrylate**
**PTFE … Poly tetra floroethylene**
**RANK … Receptor activator of nuclear factor -** *kB*
**RANK L … Receptor activator of nuclear factor –** *kB* **Ligand**
**TEM … Transmission electron microscopy**
**THA … Total hip arthroplasty**
**THR …** *Total hip* **replacement**
**TNF –** $\alpha$ **… Tumor necrosis factor –** $\alpha$
**UHMWPE … ultra high molecular weight polyethylene**

## Symbols

**E … Elastic modulus**
**F … Force of friction**
**k … Coefficient of wear**
**L … Distance**
**u … Coefficient of friction**
**V … Sliding speed**

**v … Wear volume**
**w … Applied load**
***f*** **… Friction factor**