



HAL
open science

Effet de l'obésité sur la récupération fonctionnelle de la marche après prothèses totales de hanche et de genou : analyse biomécanique et clinique

Pierre Martz

► To cite this version:

Pierre Martz. Effet de l'obésité sur la récupération fonctionnelle de la marche après prothèses totales de hanche et de genou : analyse biomécanique et clinique. Médecine humaine et pathologie. Université Bourgogne Franche-Comté, 2018. Français. NNT : 2018UBFCI009 . tel-02139446

HAL Id: tel-02139446

<https://theses.hal.science/tel-02139446>

Submitted on 24 May 2019

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



**THESE DE DOCTORAT DE L'ETABLISSEMENT UNIVERSITE BOURGOGNE
FRANCHE-COMTE
PREPAREE A L'UNITE INSERM CAPS U1093**

École doctorale n°554
École Doctorale "Environnements - Santé"

Doctorat de « Biophysique et imagerie Médecine »

Par
M. Pierre MARTZ

**EFFET DE L'OBESITE SUR LA RECUPERATION
FONCTIONNELLE DE LA MARCHE APRES PROTHESES
TOTALES DE HANCHE ET DE GENOU : ANALYSE
BIOMECHANIQUE ET CLINIQUE**

Thèse présentée et soutenue à Dijon, le 18 septembre 2018

COMPOSITION DU JURY

- Rapporteurs :**
- Xavier FLECHER**
Pr. / Université de Aix-Marseille, Assistance Publique des Hôpitaux de Marseille (AP-HM)
 - Sébastien LUSTIG**
Pr. / Université Claude Bernard Lyon 1, Hospices Civils de Lyon (HCL)
- Examineurs :**
- Emmanuel BAULOT**
Pr. / Université de Bourgogne Franche Comté, CHU de Dijon
 - Hermès MIOZZARI**
Dr. / Université de Genève, Hôpitaux Universitaire de Genève (HUG)
 - Laurence CHEZE**
Pr. / Université Lyon 1, IFSTTAR (LBMC, UMR_T 9406)
- Directeur :**
- Paul ORNETTI**
Pr. / Université de Bourgogne Franche Comté, CHU de Dijon
- Co-directeur :**
- Davy LAROCHE**
M. / Université de Bourgogne Franche Comté, Plateforme d'Investigation Technologique du CHU
- Co-directeur (absent du jury) :**
- Stéphane ARMAND**
M. / Université de Genève, Hôpitaux Universitaire de Genève (HUG)

Titre : Effet de l'obésité sur la récupération fonctionnelle de la Marche après Prothèses totales de hanche et de genou - Analyse clinique et biomécanique

Mots clés : obésité ; prothèse totale hanche ; prothèse totale genou ; récupération fonctionnelle ; analyse quantifiée de la marche

Introduction : L'influence de l'Index de Masse Corporelle (IMC) sur la récupération des paramètres de la marche après prothèse totale de hanche (PTH) et de genou (PTG) est méconnue. Peu d'études se sont intéressées à l'influence de l'IMC sur la récupération des amplitudes articulaires actives à la marche (AAA) ou de la vitesse de marche après PTH et PTG. Notre objectif était d'évaluer cet impact en préopératoire et en post-opératoire par une évaluation clinique et biomécanique. Notre hypothèse était que l'obésité ($IMC > 30 \text{ kg/m}^2$) serait un facteur péjoratif de récupération des paramètres de marche.

Matériel et méthodes : Après avoir effectué une revue systématique de la littérature sur la récupération fonctionnelle après prothèses totales du membre inférieur (PTH et PTG) afin de nous assurer de l'originalité de notre travail et de sa pertinence nous avons réalisé 2 études prospectives indépendantes : en incluant 76 PTH chez des patients coxarthrosiques d'une part et 79 PTG chez des patients gonarthrosiques d'autre part. Tous les patients bénéficiaient d'une analyse quantifiée de la marche en préopératoire et en postopératoire (à 6 mois pour les PTH et à un an pour les PTG). Un groupe de témoins sains appariés suivait le même protocole. La vitesse de la marche, l'AAA de hanche et de genou, ainsi que des scores fonctionnels et de qualité de vie étaient évalués, pour tous les paramètres le gain était calculé. Les patients étaient répartis en 2 groupes : patients non-obèses (G1) : $IMC < 30$ et patients obèses (G2) : $IMC \geq 30$ dans chacune des cohortes. Des t-tests appariés étaient utilisés pour évaluer les différences pré- et post-opératoires entre G1 et G2, puis les différences de gain entre G1 et G2. Enfin une régression linéaire uni- et multivariée recherchait les associations entre l'IMC, la vitesse de la marche et les AAA.

Résultats : Pour les 2 cohortes : en préopératoire, la vitesse de la marche et les AAA étaient significativement plus basses chez les obèses. En post-opératoire la vitesse de la marche et les AAA étaient significativement plus basses pour tous les patients opérés d'une PTG ou d'une PTH comparativement au groupe témoin. En préopératoire les obèses étaient plus symptomatiques. Une différence significative était retrouvée entre G1 et G2 concernant l'amélioration de la douleur en faveur des obèses (sur le gain de WOMAC douleur pour les PTG et d'EVA pour les PTH). Pour tous les autres paramètres les gains n'étaient pas différents entre G1 et G2. La régression uni- et multivariée ne montrait pas de relation significative entre la vitesse de la marche, les AAA et l'IMC.

Conclusion : L'IMC n'a pas d'effet délétère direct sur la récupération des paramètres de marche après une PTH ou une PTG. En effet malgré une symptomatologie préopératoire plus forte les patients obèses présentent une amélioration comparable en termes de gain aux patients non-obèses. Cependant les paramètres de marche post-opératoire après une PTH ou une PTG demeurent significativement plus bas que ceux des témoins et ce quel que soit l'IMC des patients opérés, sans récupération ad integrum clinique ou biomécanique de leur fonction de la hanche ou du genou. Ainsi l'obésité semble présenter un effet similaire sur la récupération des paramètres de marche après une PTH ou une PTG.

Title: Obesity and functional gait recovery after Total Knee and Hip arthroplasties - Clinical and Biomechanical Analysis

Keywords: obesity; total hip prosthesis; total knee prosthesis; functional recovery; gait quantified analysis

Introduction: Body Mass Index (BMI) impact on gait recovery after total hip and total knee arthroplasty (THA and TKA) remains misunderstood. Few studies have analyzed the influence of BMI on the recovery of hip and knee range of motion (ROM) during gait or walking speed after THA and TKA. Our objective was to assess this impact preoperatively and post-operatively using both 3D gait analysis and clinical assessment. Our hypothesis was that obesity ($BMI > 30 \text{ kg/m}^2$) would be a negative factor in the recovery of gait parameters.

Material and methods: After conducting a systematic review of the literature on functional recovery after total prostheses of the lower limb (THA and TKA) to ensure the originality of this work and its relevance we conducted 2 independent prospective studies: including 76 THA in hip osteoarthritis patients on one hand and 79 TKA in knee osteoarthritis patients on the other hand. All patients had a quantified gait analysis of preoperatively and postoperatively (at 6 months for THA and 1 year for TKA). A control group of matched healthy people followed the same protocol. The gait speed, ROM hip and knee, as well as functional and quality of life scores were evaluated, for all parameters the gain was calculated. Patients were divided into 2 groups in each cohort: non-obese patients (G1): $BMI < 30 \text{ kg/m}^2$ and obese patients (G2): $BMI \geq 30 \text{ kg/m}^2$. Paired t-tests were used to evaluate the pre- and postoperative differences between G1 and G2, then the differences in gain between G1 and G2. Finally, a univariate and multivariate linear regression sought associations between BMI, gait speed, and ROM.

Results: In both cohorts: preoperatively, gait speed and ROM were significantly lower in obese patients. Postoperatively, walking speed and ROM were significantly lower for all patients undergoing TKA or THA compared with the control group. Preoperatively obese patients were more symptomatic. A significant difference was found between G1 and G2 regarding pain improvement in favor of the obese (on the gain of WOMAC pain for TKA and analogic pain scale for THA). For all other parameters the gains were not different between G1 and G2. Uni- and multivariate regression showed no significant relationship between gait speed, ROM and BMI.

Conclusion: BMI has no direct negative effect on recovery of walking parameters after THA or TKA. Indeed despite a higher preoperative symptomatology obese patients show a comparable improvement in terms of gain to non-obese patients clinically and biomechanically. However, postoperative gait parameters after THA or TKA remain significantly lower than those of controls, regardless of the BMI of patients without full clinical or biomechanical recovery. Though, obesity appears to have a similar effect on the gait parameters recovery after THA or TKA.

Ce travail est dédié,

A notre Maître et Président de Jury, Monsieur le Professeur Emmanuel BAULOT

Vous nous faites l'honneur d'accepter de juger notre travail. Vos conseils avisés nous ont permis de nous accomplir et d'avancer pas à pas, Afin de diriger au mieux nos orientations pour notre pratique future. Veuillez trouver ici le témoignage de notre profond respect et soyez assuré de ma motivation et de mon enthousiasme pour notre collaboration actuelle et future.

A mon Maître et Directeur de thèse, Monsieur le Professeur Paul ORNETTI

Ta présence dans ce jury est pour moi un grand honneur. A ton contact j'ai eu la chance d'apprendre la démarche scientifique. Tes conseils, ton écoute ont été pour moi de véritables moteurs et une aide précieuse au cours de ce chemin long et parfois fastidieux. Merci pour le soutien et l'aide que tu m'as apporté dans la réalisation de ce travail. A nos futurs projets que j'espère nombreux. Sois assuré de mon amitié sincère et de ma gratitude.

A notre Maître et Rapporteur, Monsieur le Professeur Xavier FLECHER

Tu me fais l'honneur de juger mon travail. Ton expérience et ta connaissance approfondie de la chirurgie de la hanche et des thématiques de recherche s'y rattachant sont largement reconnues. Je te remercie également pour ta grande disponibilité pour la formation et le compagnonnage chirurgical, y compris lorsqu'il faut traverser la France pour cela. Ton aide et tes conseils m'ont d'ores et déjà été précieux et je suis certain qu'ils le seront encore à l'avenir. Sois assuré de mon respect, de ma reconnaissance et de mon amitié.

A notre Maître et Rapporteur, Monsieur le Professeur Sébastien LUSTIG

Tu me fais l'honneur de juger mon travail. Ton expertise de la chirurgie du genou et de son évaluation par l'analyse de la marche n'est pas à démontrer. Trouve ici le témoignage de mon amitié et de ma sincère admiration.

A notre Membre du Jury, Madame Laurence CHEZE

Vous nous faites l'honneur de juger notre travail. Votre expérience et votre connaissance approfondie de la biomécanique de la marche ainsi que votre intérêt tout particulier pour ses applications en chirurgie orthopédique apportent un regard pertinent à notre travail. Veuillez trouver ici l'expression de notre reconnaissance.

A notre Membre du Jury, Monsieur le Docteur Hermès Miozzari

Tu m'as accueilli lors de mon arrivée à Genève et j'ai beaucoup appris grâce à toi sur la chirurgie du genou. Mon passage en terres helvètes n'aurait pas été le même sans toi. Ta gentillesse, ton savoir et ta disponibilité ont été de véritables exemples. Tu me fais l'honneur de juger notre travail. Sois assuré de mon amitié sincère

A mon co-directeur de thèse Stéphane Armand et à Alice Bonnefoy-Mazure du laboratoire de Cinésiologie Willy Taillard de Genève,

Je vous remercie de m'avoir accueilli au sein de votre laboratoire et d'avoir fait germer ce projet de thèse. Travailler à vos côtés a été un exemple de rigueur scientifique et de bonne humeur. J'espère avoir encore souvent l'occasion de mener des projets communs.

A mon co-directeur de thèse Davy Laroche et à l'équipe de la Plateforme d'Investigation Technologique du CHU de Dijon

Je te remercie de m'avoir soutenu et encadré dans ce travail de thèse et dans les précédents travaux et de m'avoir fait découvrir l'analyse quantifiée de la marche et ses applications. Je suis certain que nous aurons encore souvent l'occasion de travailler de concert dans les projets à venir.

*Je remercie également le **département du CIC-EC du CHU de Dijon** dirigé par le Pr Christine Binquet et plus particulièrement M. Abderrahmane Bourredjem et le docteur Isabelle Fournel pour leur aide précieuse sur l'analyse statistique des différentes études et la méthodologie de la revue systématique de littérature. Cette collaboration en annonce de nombreuses autres.*

*Enfin merci à l'équipe de **l'Unité INSERM CAPS 1093** et à son directeur le Pr Charalombos Papaxanthis pour m'avoir permis de poursuivre ce projet au sein de cette unité de recherche dynamique.*

Merci également à mes collègues qui m'ont aidé dans ses projets de recherche et en particulier Matthieu Courtine et Placido Bartolone pour la revue systématique de la littérature.

Et bien sûr,

A mon épouse Olivia, Merci beaucoup pour ton soutien dans ces moments difficiles pour parvenir à mener à terme ce projet, pendant ma mobilité genevoise et après... Il a fallu mettre une partie de notre vie entre parenthèses à des périodes cruciales et sans ta compréhension cela n'aurait pas été possible.

Je t'aime...

A mon Fils Arthur pour tout l'amour et le bonheur que tu nous apporte déjà.

A ma mère, tu m'as soutenu depuis toujours dans mes projets et grâce à toi j'ai appris que tout était possible lorsque l'on s'en donne les moyens.

A mon père, tu nous as quitté trop tôt et je suis certain que tu aurais été fier et heureux d'être là aujourd'hui.

Et à tous ceux qui me rappelle tous les jours pourquoi j'ai choisi ce métier et ce projet...

« J'avais plutôt le sentiment que la seule compétition valable était celle que l'on avait avec soi-même. Se surpasser plutôt que dépasser »

Laurent Gounelle, L'homme qui voulait être heureux

« Dès que l'on a trop de certitudes, on n'avance plus. Il faut se surpasser dans la vie. Je n'oublie jamais qu'un jour, il faudra bien cesser de progresser, que la vieillesse viendra, puis la mort, mais au moins, j'aurai fait quelque chose. »

Gilles Archambault, La fleur au dents.

Table des Matières

| | |
|--|-----------|
| TABLE DES ILLUSTRATIONS | 9 |
| TABLE DES TABLEAUX | 10 |
| INTRODUCTION | 11 |
| I. REVUE SYSTEMATIQUE DE LA LITTERATURE | 15 |
| MATERIELS ET METHODES | 17 |
| ÉVALUATION DE LA QUALITE METHODOLOGIQUE | 19 |
| RESULTATS | 20 |
| ÉTUDES INCLUSES..... | 22 |
| QUALITE METHODOLOGIQUE | 22 |
| RESULTATS FONCTIONNELS DES PTH | 22 |
| RESULTATS FONCTIONNELS DES PTG | 25 |
| CONCLUSION | 28 |
| II. MISE EN PLACE DU PROTOCOLE : 1^{ERE} ETUDE PORTANT SUR LES VOIES D'ABORD ET LE SUIVI LONGITUDINAL DE LA COHORTE LOCOX 2 | 30 |
| INTRODUCTION | 30 |
| MATERIELS ET METHODE | 33 |
| PROTOCOLE D'ETUDE | 33 |
| CRITERE D'INCLUSION..... | 33 |
| REPARTITION SELON LA VOIE D'ABORD CHIRURGICALE | 34 |
| ÉVALUATION CLINIQUE | 34 |
| ÉVALUATION BIOMECHANIQUE | 35 |
| ANALYSE STATISTIQUE..... | 37 |
| RESULTATS | 38 |
| DONNEES DEMOGRAPHIQUES ET OPERATIONNELLES | 38 |
| GAIN FONCTIONNEL A J180 (DONNEES CLINIQUES ET BIOMECHANIQUES) | 45 |
| COMPARAISON ENTRE LES GROUPES (RÖTTINGER VS. MOORE) | 46 |
| DISCUSSION | 46 |
| CONCLUSION | 49 |
| III. DIJON : PTH/OBESITE | 50 |
| MATERIEL ET METHODES | 51 |
| CRITERES D'INCLUSION ET GROUPE CONTROLE | 51 |
| INDICE DE MASSE CORPORELLE..... | 52 |
| TECHNIQUE CHIRURGICALE ET SUIVI POST-OPERATOIRE..... | 52 |
| ANALYSE DE LA MARCHE ET PARAMETRES CINEMATIQUES | 53 |
| DONNEES CLINIQUES | 54 |
| ANALYSE STATISTIQUE..... | 54 |
| RESULTATS | 56 |
| CARACTERISTIQUES DES PATIENTS | 56 |
| RESULTATS CINEMATIQUES | 58 |
| RESULTATS CLINIQUES | 61 |
| REGRESSIONS LINEAIRES MULTIVARIEES | 63 |
| DISCUSSION | 63 |
| CONCLUSION | 66 |

| | |
|--|------------|
| IV. GENEVE : PTG/OBESITE..... | 67 |
| MATERIEL ET METHODES | 68 |
| POPULATION..... | 68 |
| TECHNIQUE CHIRURGICALE ET PROTOCOLE DE REEDUCATION..... | 68 |
| SOUS-GROUPES EN FONCTION DE L'IMC | 69 |
| CARACTERISTIQUES DES PATIENTS | 69 |
| DONNEES BIOMECHANIQUES | 70 |
| DONNEES CLINIQUES | 70 |
| ANALYSE STATISTIQUE..... | 71 |
| RESULTATS | 72 |
| CARACTERISTIQUES DES PATIENTS | 72 |
| DONNEES CINEMATIQUES | 72 |
| RESULTATS CLINIQUES | 76 |
| REGRESSIONS LINEAIRES UNIVARIEES ET MULTIVARIEES | 76 |
| DISCUSSION..... | 77 |
| CONCLUSION | 81 |
| V. SYNTHESE ET CONCLUSION..... | 82 |
| VI. PERSPECTIVES..... | 85 |
| VII. RÉFÉRENCES..... | 87 |
| VIII. ANNEXES..... | 98 |
| ANNEXE 1 : RÖTTINGER APPROACH WITH DUAL-MOBILITY CUP TO IMPROVE FUNCTIONAL RECOVERY IN HIP OSTEOARTHRITIS PATIENTS: BIOMECHANICAL AND CLINICAL FOLLOW-UP. [54]..... | 98 |
| ANNEXE 2 : INFLUENCE OF BODY MASS INDEX ON SAGITTAL KNEE RANGE OF MOTION AND GAIT SPEED RECOVERY 1-YEAR AFTER TOTAL KNEE ARTHROPLASTY. [18] | 105 |
| ANNEXE 3 : INFLUENCE OF BODY MASS INDEX ON SAGITTAL HIP RANGE OF MOTION AND GAIT SPEED RECOVERY 6 MONTHS AFTER TOTAL HIP ARTHROPLASTY. | 123 |
| ANNEXE 4 : FICHE DE LECTURE POUR LA REVUE SYSTEMATIQUE DE LA LITTERATURE | 142 |

Table des illustrations

| | |
|--|----|
| <i>Figure 1 : Diagramme de flux pour la revue systématique de la littérature</i> | 21 |
| <i>Figure 2: Coupe transversale de la hanche avec les deux approches différentes: approche de Röttinger (A) et approche de Moore (B)</i> | 31 |
| <i>Figure 3 : La voie d'abord de Röttinger étape par étape</i> | 32 |
| <i>Figure 4 : Ensemble biomécanique avec placement des marqueurs pour l'analyse de la marche quantifiée</i> | 36 |
| <i>Figure 5 : Effet biomécanique de la PTH chez les patients par rapport au groupe témoin à J0 et J180.</i> | 45 |
| <i>Figure 6 : Cinématique de la hanche chez les non-obèses (A) et chez les obèses (B) et amélioration de la vitesse de la marche (C) et des amplitudes active de la hanche dans le plan sagittal (D) entre J0 et J180</i> | 59 |
| <i>Figure 8 : Vitesse de marche (m / s) et indice de masse corporelle (IMC en kg / m²) avant et un an après arthroplastie totale du genou (PTG) et amplitude du mouvement du genou (ROM en degrés) dans le plan sagittal et indice de masse corporelle (IMC en kg / m²) avant et un an après l'arthroplastie totale du genou (PTG).</i> | 75 |
| <i>Figure 7 : Cinématique du genou dans le plan sagittal pendant le cycle de la marche (flexion / extension du genou) pour les groupes de patients en fonction de leur IMC au départ et un an après la chirurgie.</i> | 79 |

Table des tableaux

| | |
|---|----|
| <i>Tableau 1: Caractéristiques des patients à l'inclusion et données peropératoires</i> | 39 |
| <i>Tableau 2 : Comparaison des gains cliniques dans les groupes de Röttinger et Moore entre J0 et J180 (ajusté sur le BMI et le score HOOS symptômes)</i> | 40 |
| <i>Tableau 3 : Comparaison des gains biomécaniques dans les groupes de Röttinger et Moore entre J0 et J180</i> | 41 |
| <i>Tableau 4: Comparaison clinique et biomécanique à l'inclusion entre les 2 groupes.</i> | 42 |
| <i>Tableau 5 : Analyse clinique de l'amélioration fonctionnelle entre J0 et J180</i> | 43 |
| <i>Tableau 6 : Analyse biomécanique de l'amélioration fonctionnelle entre J0 et J180 avec comparaison du groupe témoin</i> | 44 |
| <i>Tableau 7: Caractéristiques cliniques à l'inclusion et données opératoires pour les deux groupes de patients IMC.</i> | 57 |
| <i>Tableau 8: Comparaison des résultats cinématiques</i> | 60 |
| <i>Tableau 9: Comparaison des résultats cliniques</i> | 62 |
| <i>Tableau 10: Gain en vitesse de marche et en amplitude active en flexion-extension de hanche selon l'IMC ajusté en fonction du sexe et du gain de HOOS symptômes</i> | 63 |
| <i>Tableau 11: Caractéristiques de base (moyenne et écart-type (SD)) pour les quatre d'IMC puis pour les 2 groupes (obèses/non obèses) (en gras). IMC = indice de masse corporelle.</i> | 72 |
| <i>Tableau 12: Comparaison des résultats cinématiques et cliniques obtenus pour les deux groupes d'IMC au départ et un an après la chirurgie.</i> | 74 |
| <i>Tableau 13: Gain en vitesse de marche et amplitude du mouvement du genou selon deux catégories d'indice de masse corporelle (IMC) ajustées selon le sexe, l'âge et l'amélioration du score WOMAC douleur (Western Ontario and McMaster Universities Arthritis Index)</i> | 77 |

Introduction

Il a été montré que les arthroplasties totales du genou (PTG) et de hanche (PTH) sont des traitements efficaces pour les patients souffrant d'un genou ou d'une hanche douloureuse dû à l'arthrose. D'ailleurs le nombre de patients subissant une PTG ou une PTH augmente année après année en raison de l'espérance de vie plus longue et des résultats satisfaisants de ces interventions. En 2030, il est estimé que la demande pourrait progresser de près de 175% pour les PTH et plus de 500% pour les PTG en atteignant près de 3,5 millions de PTG par an dans le monde [1] d'autres projections plus récentes semble modérer légèrement ces chiffres tout en confirmant la tendance projetée [2–4], Culliford & al montre également dans son étude sur les projections en Grande Bretagne que la progression de l'obésité projetée jusqu'en 2035 à une incidence directe sur l'augmentation du nombre de PTH et surtout de PTG[5] .

Parallèlement à cela l'obésité, définie comme un indice de masse corporelle (IMC) ≥ 30 kg/m² selon l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) [6], atteint des proportions épidémiques dans notre environnement [7]. Plus de 502 millions de personnes sont classées comme obèses dans le monde entier [8]. Il a été démontré que les patients obèses présentent un risque accru de développer une arthrose à un âge plus précoce que les patients non obèses en raison de mécanismes biomécaniques et physiologiques [9]. Le nombre de prothèses du membre inférieur implantées chez les patients obèses a ainsi augmenté ces dernières années pour autant l'association entre l'obésité et les résultats des prothèses totales de hanche et de genou n'est pas clairement définie. Bien que la littérature soit prolifique en termes de séries cliniques [10–40], l'impact de l'obésité et plus précisément de la variation de l'IMC classe par classe n'est pas claire et les résultats pour la plupart des auteurs restent controversés. De nombreuses méta-

analyses portant sur obésité et prothèses du membre inférieur (PTG et PTH) ont d'ailleurs été réalisées au cours des dernières années [7, 41–56] pour autant si elles parviennent à s'accorder sur l'impact négatif de l'obésité et en particulier de l'obésité morbide sur les taux de complications peropératoires ou post-opératoires, elles n'explorent pas, ou alors partiellement, le lien entre IMC et résultats fonctionnels après PTH et PTG.

De même lors d'une revue systématique de la littérature sur fonction et prothèses totales de hanche et de genou il est apparu qu'il n'existe que très peu, voir aucune, évaluation biomécanique de qualité de la récupération fonctionnelle après PTH et PTG prenant en compte l'IMC comme l'une des variables principales de cette récupération. Or l'utilisation d'un outil d'évaluation objectif tel que l'analyse quantifiée de la marche peut permettre une analyse plus fine et plus robuste de l'association entre IMC et récupération après PTH et PTG.

Ainsi notre objectif principal au cours de ce travail a été d'analyser l'impact de l'obésité sur la récupération de la cinématique de marche après PTG et PTH. Notre objectif secondaire était de d'évaluer si l'obésité interagissait différemment sur la progression de la marche après une prothèse totale de hanche ou de genou. Notre hypothèse principale étant que l'obésité ($IMC > 30 \text{ kg/m}^2$) serait un facteur péjoratif de récupération des paramètres cinématiques de marche après PTH et PTG, avec comme hypothèse secondaire que son impact sur le genou serait certainement plus bruyant que sur la hanche.

Afin de répondre à notre problématique nous avons organisé notre travail en 3 étapes :

- La première a été de réaliser une revue systématique de la littérature existante afin de s'assurer de la pertinence de notre sujet et de l'absence d'étude similaire existante.

- La seconde a été d'évaluer notre protocole d'analyse quantifiée de la marche réalisé en pré et en post-opératoire dans une cohorte de patients coxarthrosiques (Étude ancillaire du PHRC LOCOX 2). Pour cela nous avons réalisé une étude en analysant l'impact de la voie d'abord chirurgicale. Cela nous a permis d'affiner notre choix de données pertinentes et de définir un protocole d'analyse statistique robuste. Ce travail a été réalisé avec Davy Laroche et le Pr Paul Ornetti au sein de la Plateforme d'Investigation Technologique (PIT) du CHU de Dijon, dirigée par le Pr Jean-Marie Casillas et Claire Morisset, et adossé à l'unité INSERM CAPS u1093, dirigée par le Pr Charalambos Papaxanthis.
- Enfin la troisième étape, la principale, comprenait 2 volets distincts : avec une étude portant sur l'impact de l'IMC sur la récupération après PTG et une seconde après PTH :
 - L'analyse d'une cohorte de patients gonarthrosiques, en appliquant un protocole d'analyse quantifiée du mouvement très proche de celui évalué dans l'étape précédente, a été réalisée avec Alice Bonnefoy de l'équipe du laboratoire de cinésiologie Willy Taillard des Hôpitaux Universitaires de Genève, dirigée par Stéphane Armand, et les Drs Hermès Miozzari et Anne Lübbecke des Hôpitaux Universitaires de Genève
 - L'analyse d'une cohorte de patients coxarthrosiques a été réalisée au sein de la PIT avec l'équipe et le protocole cités précédemment.

Ces travaux ont pour partie été publiés :

- Voie d'abord de Röttinger associée à une cupule à double mobilité pour améliorer la récupération fonctionnelle chez les patients coxarthrosiques : suivi biomécanique et clinique (*Röttinger approach with dual-mobility cup to improve functional recovery in*

hip osteoarthritis patients: biomechanical and clinical follow-up). Publié en 2017 dans International Orthopaedics [57] (Texte intégral en Annexe 1)

- Influence de l'IMC sur l'amplitude du mouvement du genou dans le plan sagittal et récupération de la vitesse de marche un an après PTG (*Influence of body mass index on sagittal knee range of motion and gait speed recovery 1-year after total knee arthroplasty*). Publié en 2017 dans Journal of Arthroplasty [21] (Texte intégral en Annexe 2)
- Influence de l'IMC sur l'amplitude du mouvement de la hanche dans le plan sagittal et récupération de la vitesse de marche 6 mois après PTH (*Influence of body mass index on sagittal hip range of motion and gait speed recovery six months after total hip arthroplasty*). Soumis en Juillet 2018 et en attente de relecture pour publication dans International Orthopaedics. (Texte intégral en annexe 3)

I. Revue systématique de la littérature

Pour débiter notre travail nous avons réalisé une revue systématique de la littérature sur la récupération fonctionnelle après prothèses totales de hanche et de genou en fonction de l'IMC en appliquant des critères de sélection précis afin de ne retenir que les articles qui se sont réellement intéressés à ce sujet avec un niveau de preuve suffisant et une possibilité d'en extraire des données analysables dans la perspective de réaliser une méta-analyse.

Lors de notre recherche nous avons trouvé 19 revues de la littérature et méta-analyses traitant, en partie tout du moins, de l'impact de l'obésité sur les résultats des PTH et des PTG :

- 4 d'entre elles s'intéressaient aux PTH [49, 56, 58, 59] dont 2 méta-analyses
- 9 d'entre elles uniquement aux PTG [43, 45, 47, 48, 51, 53–55, 60] dont 2 méta-analyses
- 6 à la fois aux résultats après PTH et PTG [41, 42, 44, 46, 50, 52] dont une méta-analyse.

Parmi celles-ci très peu se sont intéressées spécifiquement à l'effet de l'IMC sur la récupération fonctionnelle, très souvent la récupération fonctionnelle n'était qu'un des facteurs étudiés, les facteurs principaux étant très souvent la survie des implants et les complications.

Effectivement l'obésité est un diagnostic souvent associé à d'autres comorbidités, telles que l'hyperlipidémie, les cardiopathies ou le diabète, ce qui augmente le risque de complications associées [61]. Différentes séries ont considéré ces risques chirurgicaux, ainsi après PTH nous pouvons remarquer dans les 2 méta-analyses réalisées en 2011 [58] et en 2015 [56] que le risque de complications peropératoire global est augmenté entre la population d'IMC normal et les obèses avec un Odd Ratio (OR) de 1,68 (1,23;2,3) pour Liu & al, ce risque est d'ailleurs majoré lorsque des patients normaux sont comparés à une population de patient obèses morbides ($IMC > 40 \text{ kg/m}^2$) : OR 2,19 (0,71;6,72) sans pour autant être significatif du fait de

l'hétérogénéité des études incluant des obèses morbides. De même le risque de complications majeures est augmenté par l'obésité et l'obésité morbide en particulier lorsqu'elle sont considérées séparément : que cela soit pour les luxations (OR de 2,08 (1,54;2,81) à 3,27 (0,67;15,91) pour les obèses morbides), pour les infections profondes (OR de 3,33 (2,04;5,26)[58], pour les accidents thromboemboliques (OR : 1,78 (1,02;3,13)) ou pour les descellements aseptiques (OR : 1,56 (1,04;2,32).

Pour les PTG le taux global de complications est également largement majoré par l'obésité : OR 1,9 (1,46;2,47) pour la méta-analyse de Kerkhoffs [7] et à l'instar des PTH si ces complications sont analysées indépendamment elles sont également augmentées : OR de 2.06 (1,46;2,91) pour les infections profondes, 1,79 (1,15;2,78) pour les révisions, 2,7 (1,35;5,39) pour les accidents thromboemboliques. Là encore si nous nous référons à la méta-analyse de Si & al [55] cet effet est majoré chez les obèses morbides pour quasiment toutes les complications évoquées. Sun & al [43] retrouve également un risque de mortalité péri-opératoire majoré dans cette population d'obèses morbides : OR : 8,14 (1,81 ;35,31).

Ces résultats concernant les taux de complications après PTG et PTH sont d'ailleurs corroborés par la méta-analyse récente de Pozzobon & al [46] qui rapporte des résultats poolés (PTH et PTG) sur un total de 245433 patients avec un taux majoré d'accidents thromboemboliques, de luxations et d'infections profondes avec un taux global : OR : 1,79 (1,33;2,39), $p < 0,001$ pour les patients obèses.

Toutes ces données concordent donc pour dire que l'obésité et l'obésité morbide en particulier implique un sur-risque de complications voir de révision selon les études après une prothèse totale de hanche ou de genou.

Ainsi le chirurgien et le patient doivent-ils être conscients de cela avant d'envisager un recours chirurgical. Toutefois malgré le nombre important de revues et de méta-analyses il est très

difficile de retrouver des informations claires quant aux résultats cliniques et fonctionnels de ces interventions en fonction de la classe d'IMC des patients, très souvent ces résultats ne reposent que sur quelques études et sur un score fonctionnel en comparant la population non-obèse de patients à la population obèses sans plus de distinction et au mieux les résultats sont poolés [46] avec toute les limites méthodologiques que cela sous-entend.

C'est pourquoi nous avons réalisé cette revue systématique de la littérature en menant avec les données collectées une méta-analyse afin d'évaluer la récupération fonctionnelle selon la classe d'IMC et selon le suivi.

Matériels et Méthodes

La stratégie de recherche utilisée pour cette étude répondait aux exigences de la grille de contrôle PRISMA [62, 63]. Les bases de données de Medline (via PubMed), Embase et CENTRAL (Cochrane) furent interrogées pour des publications réalisées entre le 1 janvier 1980 et le 30 mai 2018 à propos de la récupération fonctionnelle des arthroplasties de hanche et de genoux chez les sujets obèses.

Afin de déterminer l'équation informatique la plus efficace, nous avons répondu aux questions PICO [64]. P correspondait à « Patients obèses », I à « Opérés d'une prothèse totale de hanche ou du genou ». C était sans objet et O correspondait à « Scores cliniques et données biomécaniques ». Une équipe indépendante spécialisée en recherche scientifique a ainsi réalisé le listing des références à partir de ce PICO. Les termes furent traduits en anglais. De plus, de façon systématique, une liste d'ouvrages dédiés furent examinés manuellement afin de ne pas méconnaître une étude n'ayant pas été détectée de façon électronique.

Deux investigateurs (M.C. et P.M.) ont indépendamment analysé les résultats de cette recherche en commençant par les titres des articles, puis par les abstracts et enfin par les textes dans leur intégralité. Les investigateurs ont appliqué des critères préétablis de façon collégiale afin de pouvoir sélectionner les références pertinentes. Ces critères sont détaillés plus bas. Les deux investigateurs sont des chirurgiens orthopédistes compétents en arthroplasties du membre inférieur. Ils sont également expérimentés dans la lecture d'article et l'étude des méta-analyses. S'il existait un désaccord malgré une première étape de mise en commun des résultats, une tierce personne (I.F. experte en méta-analyse) était sollicitée.

La première étape consistait à sélectionner les articles à partir des titres. Tous les titres ne comprenant pas les termes « arthroplasty », « replacement », « obesity », « obese » ou « Body Mass Index (BMI) » étaient exclus.

Ensuite la lecture du résumé de chaque article retenu permettait de rechercher différents critères de sélection, si tous ces critères étaient présents l'article était retenu pour l'analyse en texte intégral :

- Présence d'un score fonctionnel ou d'une donnée biomécanique.
- Présence dans l'abstract des termes relatif à l'IMC ou à l'obésité avec si possible répartition en groupes sur ce critère.

Enfin, chaque article passé par la deuxième étape était lu dans son intégralité et analysé à partir d'une fiche de lecture préétablie et testée sur les 4 premiers articles (Annexe 4). Seuls les articles rédigés en anglais ou en français étaient inclus. Les revues d'articles, les opinions d'experts, les techniques chirurgicales et les symposiums non publiés étaient exclus. Les articles n'étaient pas anonymisés.

Évaluation de la qualité méthodologique

La qualité méthodologique des études incluses a été évaluée par deux évaluateurs indépendants utilisant l'échelle de Newcastle-Ottawa (NOS) [65] recommandée par la Cochrane Collaboration [66]. La NOS se compose de huit items regroupés en trois catégories : sélection, comparabilité et résultats. Un système d'étoiles, allant de zéro à neuf étoiles, est utilisé pour classer la qualité de l'étude examinée (plus l'étude reçoit d'étoiles dans chaque catégorie, plus sa qualité méthodologique est élevée). Après l'évaluation indépendante des études incluses par les examinateurs, chaque étude a reçu les scores catégoriques suivants représentant sa qualité: bonne (trois ou quatre étoiles dans le domaine de sélection ET une ou deux étoiles dans le domaine de comparabilité ET deux ou trois étoiles dans le domaine des résultats), moyenne (deux étoiles dans le domaine de sélection ET une ou deux étoiles dans le domaine de comparabilité ET deux ou trois étoiles dans le domaine des résultats) ou mauvaise (zéro ou une étoile dans le domaine de sélection OU étoile zéro dans le domaine de comparabilité OU zéro ou une étoile domaine de résultats). Un troisième examinateur (IF) a résolu tout désaccord entre les évaluateurs indépendants.

Après avoir sélectionné les articles méthodologiquement acceptables traitant du sujet, nous nous sommes assuré qu'ils répondaient nos critères de sélection :

- Répartition en classes d'IMC selon l'OMS
- Comparaison entre les groupes d'IMC
- Valeurs préopératoires et post-opératoires de scores fonctionnels
- Inclusion de PTG et PTH de première intention uniquement

Nous avons également recherché les critères d'exclusion :

- Absence de valeurs exploitables complètes (préopératoire et post-opératoire par groupe)
- Moyennes et écarts-type disponibles pour les valeurs retenues.

Les données furent extraites par les deux investigateurs (M.C. et P.M.) et vérifiées par une tierce personne (I.F.). Les données disponibles ont ensuite pu être incorporées à un logiciel Excel Microsoft afin de pouvoir réaliser les calculs. Les données conservées par articles étaient : la population totale, la population par sous-groupe selon l'IMC, le type d'étude et son niveau de preuve, le ou les type(s) de score et les valeurs de scores aux différents suivis, la durée totale du suivi et les étapes de celui-ci. Si le protocole de l'étude ne permettant pas d'identifier des sous populations basé sur l'IMC, l'étude était supprimée pour l'analyse en question.

Résultats

Le diagramme de flux est représenté dans la figure 1. Ainsi nous avons retenu pour l'analyse qualitative 29 articles et 7 ont ensuite été exclus du fait de manque de données complètes exploitables (en particulier les écarts-types). Sur les 22 articles retenus : 8 portaient sur des PTH uniquement, 12 portaient sur les PTG uniquement et 2 sur les résultats de PTH et PTG. Le suivi allait de 6 semaines à 10 ans. Au total les données de près de 41685 patients ont ainsi été prises en compte pour l'analyse quantitative.

Notre stratégie de recherche a permis d'identifier 4031 études. Après avoir supprimé 647 doublons, 3384 études ont été examinées et 3102 exclues après lecture du titre, ensuite 282 articles ont été analysés par lecture du résumé. Les 66 études restantes ont été évaluées en lisant le texte intégral, dont 37 ont ensuite été exclues, ce qui a permis d'inclure 29 études dans la revue systématique qualitative [10–13, 15–18, 20–27, 30–32, 34–37, 40, 67–71]. De celles-ci, 22 [11–13, 16–18, 20–22, 24, 25, 30–32, 34–37, 67–70] présentaient suffisamment de données pour être incluses, dans la méta-analyse actuellement en cours.

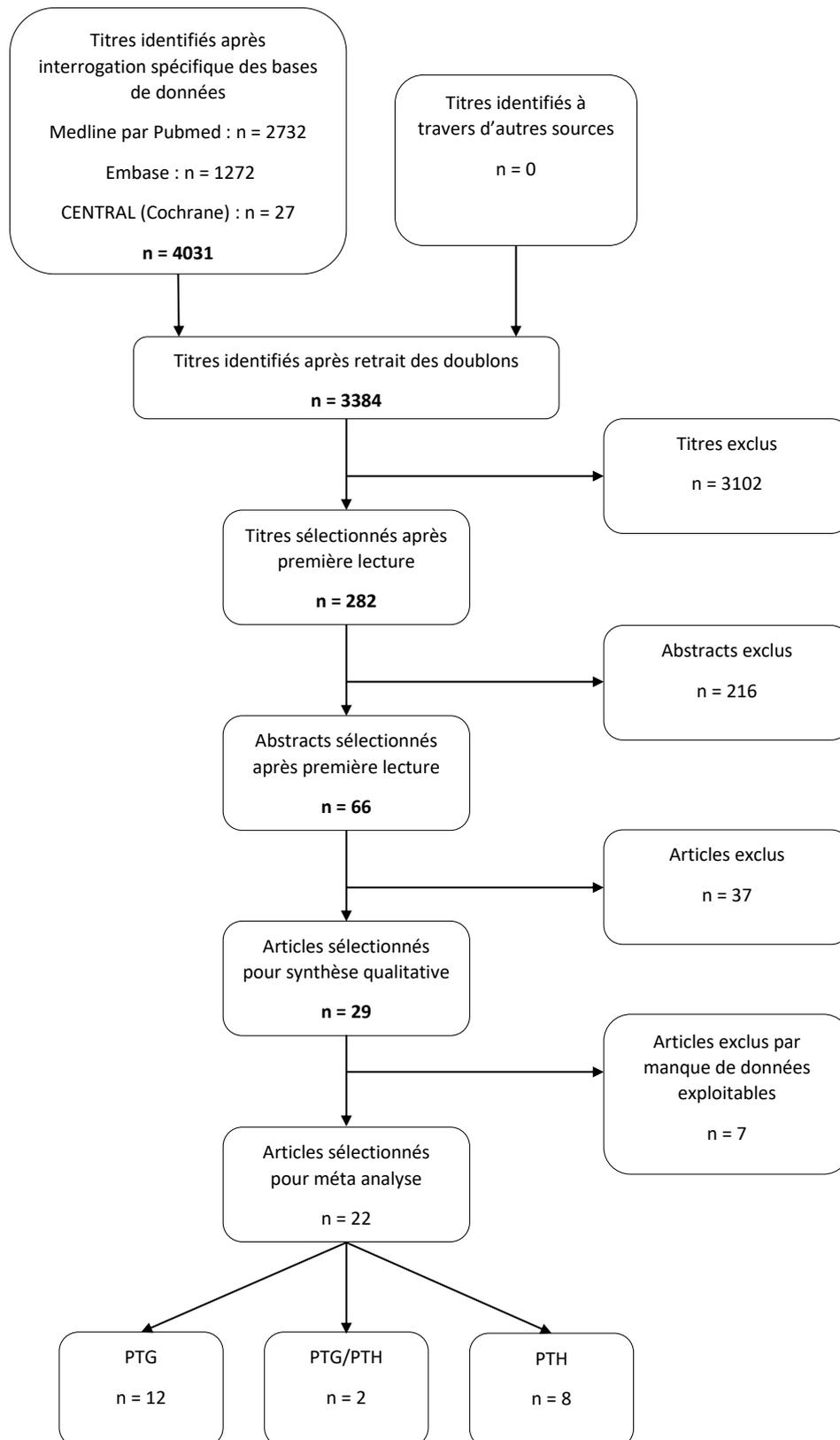


Figure 1 : Diagramme de flux pour la revue systématique de la littérature

Études incluses

Les études incluses ont rapporté des données de 11 différents pays : Australie (3), Canada, (2), Chine (1), Finlande (1), Allemagne (1), Corée du Sud (1), Espagne (2), Suisse (2), Singapour (3) Royaume-Uni (6) et États-Unis (7)

Qualité méthodologique

Une évaluation globale de la qualité des études a montré que la moitié (n = 11) des études incluses était considérée comme étant de bonne qualité méthodologique, tandis que 4,5% (n = 1) était considéré comme étant de qualité moyenne et 45,5% (n = 10) de mauvaise qualité méthodologique. Parmi les études examinées, 20 (91%) avaient un taux de suivi de 80% ou plus, et seulement 63,6% (n = 14 études) évaluait les résultats par analyse prospective des dossiers médicaux, dont 6 (27%) étaient des cohortes rétrospectives sur recueil de données prospectif).

La réalisation de la méta-analyse est actuellement en cours et nous ne disposons pas au moment de la rédaction des résultats de ces analyses. Ainsi nous exposerons ici les résultats sous forme d'une revue systématique de la littérature en présentant les résultats fonctionnels pour les PTH puis pour les PTG.

Résultats fonctionnels des PTH

Sur les 8 articles retenus pour l'analyse nous retrouvons 4 cohortes prospectives [25, 37, 68, 69], 3 cohortes rétrospectives sur recueil de données prospectif [13, 31, 32] et une cohorte

rétrospective [11] totalisant les données de 11455 patients et près de 14000 en incluant les 2 études portant sur PTH et PTG [12, 18].

Court terme (moins de 2 ans)

Parmi ces études 4 d'entre elles nous renseignent sur le suivi à court et moyen terme (moins de 2 ans) après PTH. Ces études évaluaient la fonction par le score d'Oxford et le score de WOMAC et la qualité de vie par les questionnaires EQ-5D et SF12. A très court terme, 10 jours post-opératoires et 3 mois post-opératoires, Kessler & al [69] trouvent des score bruts (WOMAC) comparables entre les patients d'IMC normal (18-25 kg/m²), en surpoids (25-30 kg/m²) ou obèses (>30 kg/m²), malheureusement son étude ne comprend pas d'analyse des gains entre les valeurs préopératoires et post-opératoires et sa série est limitée en nombre de patients. Ces conclusions sont retrouvées également par l'étude de Michalka [37] qui a évalué dans sa cohorte prospective de 191 patients la récupération fonctionnelle à 6 semaines post-opératoire en se basant sur le score d'Oxford et le test de marche de 6min, ses résultats nous montrent des scores bruts qui ne diffèrent pas significativement en préopératoire et en post-opératoire avec des gains également comparables, sa cohorte manque toutefois de puissance quant aux patients obèses sévères (IMC>35 kg/m²) avec seulement 21 patients dans ce sous-groupe.

A 6 mois, 1 an et 2 ans de suivi nous disposons des résultats de 3 études avec des cohortes importantes [11, 25, 32] et là aussi leurs résultats convergent. Les patients obèses sont plus jeunes et plus symptomatiques lors de la mise en place d'une PTH, les résultats en valeurs brutes en post-opératoires demeurent significativement plus bas que ceux des patients non-obèses et cela est majoré par l'obésité de type II (sévère) ou III (morbide) pour la plupart des auteurs. Toutefois le bénéfice en gain est comparable entre les population non obèses et obèses et lorsque des différences sont trouvées elles sont très faibles en valeurs absolues [32], certains

auteurs retrouvent même un avantage sur l'amélioration des scores de qualité de vie (EQ5D-3L) en faveur des patients obèses [11].

Long terme (5 à 10 ans)

A moyen et long terme (5 à 10 ans post-opératoires) il apparaît que ces tendances se confirment avec des scores bruts inférieurs à 5 ans [13, 25] et 10 ans [31] associés à des gains comparables pour les patients obèses (scores : Harris, WOMAC, Oxford.). Pour Kim & al [68] les résultats bruts à 7,3 ans de suivi sont même comparables entre obèses et non-obèses et les gains ne sont pas évalués, toutefois sa série est plus restreinte en nombre que les autres séries citées précédemment.

Si nous nous intéressons spécifiquement aux patients obèse de classe III (obésité morbide, $IMC > 40 \text{ kg/m}^2$) comme dans l'étude menée auprès de 3290 patients traités par PTH de Mac Calden & al il apparaît que les patients souffrant d'obésité morbide ($IMC > 40 \text{ kg / m}^2$) présentent également un gain similaire dans les scores d'évaluation postopératoire par rapport aux patients ayant un IMC plus faible sans différence significative sur les scores bruts entre la population obèse stade I et la population obèse stade III [14]. Ces résultats sont également retrouvés dans les séries d'Andrew et Mac Lawhorn [11, 25]. Bien entendu les résultats post-opératoires demeurent plus faibles et le taux de complications plus élevé pour cette population.

Les méta-analyses réalisées sur les résultats fonctionnels après PTH ne sont intéressées qu'aux résultats des scores bruts en particulier sur le score de Harris [56, 72] pour lequel elles ont retrouvés un effet négatif de l'obésité et en particulier de l'obésité morbide, toutefois si les différences moyennes sont significatives elle demeurent de faible ampleur : $-2,72(-4,77 ; -0,67)$ $p=0,009$ entre obèses tous stades et non-obèses et $-6,74(-10,66 ; -2,82)$ $p=0,0008$ entre obèses stade III et non-obèses. De même dans la méta-analyse de Pozzobon [46] qui a poolé les

différents scores retrouvés dans la littérature entre obèses et non obèses il trouvent un effet négatif de l'obésité sur les scores fonctionnels et de douleur à court et long terme mais là encore il s'est arrêté aux scores bruts et non aux gains rapportés.

En résumé, les patients montrent une excellente amélioration des résultats fonctionnels après une PTH indépendamment de l'IMC à court et long terme. Cependant, les améliorations sont légèrement plus faibles et les taux de complications plus élevés chez les patients obèses, en particulier après ajustements sur les données préopératoires. Un certain nombre d'autres variables inhérentes aux patients influencent également les résultats en plus de l'IMC en particulier l'état préopératoire (symptômes, douleur, fonction et comorbidités) des patients comme l'a très bien démontré la méta-analyse récente de Hofstede [44]. Ainsi, un IMC élevé pris isolément ne doit pas justifier de récuser une chirurgie prothétique de hanche. Mais ce groupe de patients obèses et obèses morbides doit être informé du risque majoré de complications et du fait que l'amélioration après une arthroplastie de la hanche est susceptible d'être inférieure à celle d'un individu de poids normal, quoique lorsque des différences sont éventuellement retrouvées sur les gains elles sont toujours très faibles en valeurs absolues et largement en-dessous des valeurs seuils d'amélioration des différents scores (MCID : Minimal clinically important difference).

Résultats fonctionnels des PTG

Les 12 études retenues comportaient 4 cohortes prospectives, 1 cohorte rétrospective à recueil prospectif, 3 cohortes rétrospectives et 4 études cas-témoins, comptabilisant près de 25000 patients et 28000 en incluant les 2 cohortes mixtes de PTH et PTG. L'évaluation fonctionnelle était réalisée en se basant sur des scores fonctionnels : Knee Subjective Score (KSS) Genou et

fonction, Oxford Genou, WOMAC, amplitudes articulaire et HSSKS (Hospital for Special Surgery Knee Score) et sur des scores de qualité de vie : SF12, SF36, EQ5D

Court terme (moins de 2 ans)

9 études retenues portant sur les résultats fonctionnels des PTG présentaient des résultats à moins de 2 ans de recul.

A 3 mois, les patients obèses présentaient une meilleure amélioration du WOMAC fonction et douleur pour Collins & al, les obèses étaient plus symptomatiques à l'inclusion. Cet effet se lissait ensuite jusqu'à 2 ans avec des gains entre 3 et 6 mois et entre 6 mois et 2 ans qui ne différaient pas entre les différents groupes d'IMC. Dans son étude cas-témoins Napier & al ne montrent pas de différence sur le score d'Oxford ou sur le SF-36 en préopératoire et à 3 mois post-opératoire entre les patients non obèses et les patients obèses stade III (morbide) avec gains comparables entre les 2 groupes, les amplitudes articulaires passives augmentent de manière plus importante pour les obèses de classe III, l'appariement des populations explique potentiellement l'absence de différence sur la symptomatologie préopératoire.

A 6 mois de suivi, la cohorte rétrospective sur recueil prospectif de plus de 13000 PTG de Baker & al nous permet de voir que les patients obèses et obèses morbides sont plus symptomatiques à l'inclusion (sur score de Oxford genou et EQ-5D) toutefois les gains sont très proches, voir meilleurs pour les patients obèses et obèses morbides. Là encore lorsque les gains diffèrent statistiquement. La valeur absolue de la différence est largement en dessous de la significativité clinique. Ji & al sur une série beaucoup plus restreinte trouvent quant à eux que les obèses sont plus symptomatiques à l'inclusion, à 6 mois et à 12 mois (score de Oxford genou et SF-12) que les non obèses, sans comparaison statistique des gains entre les différents suivis.

Les résultats à un an de suivi des différentes études montrent également une amélioration significative des scores fonctionnels quel que soit la classe d'IMC des patients avec par exemple

une amélioration de tous les domaines du WOMAC pour les patients avec un $IMC < 35 \text{ kg/m}^2$ ainsi que pour les patients avec un $IMC > 35 \text{ kg/m}^2$ à un an post-opératoire sans différence significative entre les 2 groupes [67] ; toutefois dans cette étude cas-témoins les groupes étaient appariés sur le WOMAC préopératoire, ce qui explique probablement cela.

A long terme (plus de 5 ans de suivi)

A plus de 5 ans de suivi il apparaît que les résultats entre les patients obèses et non obèses diffèrent à la fois en termes de valeurs brutes et en termes de gains pour la plupart des auteurs. Ainsi dans les 2 études cas-témoins de Foran [70] et de Jackson [35] les scores bruts (Score KSS genou et fonction et HSSKS) à respectivement 5 ans et 7,3 ans de suivi sont significativement plus faibles pour les patients obèses de même que les gains fonctionnels. Étonnement dans ses 2 études les patients obèses n'étaient pas plus symptomatiques à l'inclusion que les patients non obèses.

De même Jarvenpaa & al [24] à plus de 9 ans de suivi conclut également à des scores (score KSS genou et fonction) plus bas pour les patients obèses et surtout il montre que si l'amélioration fonctionnelle est positive entre le préopératoire et les résultats à 1 an post-opératoire entre 1 ans et 9 ans post-opératoires l'évolution est négative avec une régression fonctionnelle pour tous les patients et en particulier pour les patients obèses sans pour autant que cette différence ne soit significative.

Néanmoins ces résultats à long terme sont à mettre en perspective avec ceux de la cohorte prospective de plus de 500 PTG à 5 ans de recul de Torres-Claramunt & al [34]. Cette étude à comparer les résultats fonctionnels (score KSS fonction et genou et score SF-36) des patients non-obèses ($IMC < 30 \text{ kg/m}^2$), obèses stade I ($IMC = 30-35 \text{ kg/m}^2$) et obèses stade II et plus ($IMC > 35 \text{ kg/m}^2$), ainsi les patients obèses et obèses sévère étaient plus symptomatiques à 5 ans de suivi, mais les gains entre le préopératoire et les résultats à 5 ans post-opératoires n'étaient

pas différent entre les 3 groupes. En préopératoire les 3 groupes ne présentaient pas de différence significative sur les scores fonctionnels.

A l'instar des résultats cliniques après PTH, la méta-analyse de Pozzobon[46] retrouve une association statistique significative entre les scores fonctionnels groupés (ou poolés) post-opératoires et l'obésité à court et long terme, de même que pour les scores de douleur. Ses résultats sont également retrouvés dans cette revue systématique sur les PTG [60] qui retrouve de plus mauvais scores KSS pour les patients obèses et pour les patients obèses morbides à moyen terme.

Conclusion

Cette revue de la littérature confirme ainsi que les patients obèses opérés d'une PTH ou d'une PTG présentent très fréquemment des scores fonctionnels plus faibles en préopératoires et de plus mauvais résultats en valeurs absolues à court et long terme. L'amélioration fonctionnelle est quant à elle souvent comparable aux patients non obèses et lorsqu'elle diffère, la différence est ténue. Il apparaît que les résultats à long terme des patients obèses après PTG semblent plus fortement impactés par l'obésité y compris sur les gains fonctionnels, ce qui amène à clairement discuter avec les patients d'une éventuelle prise en charge spécialisée pour envisager une perte de poids, préopératoire ou bien post-opératoire. Ce d'autant qu'une revue systématique de la littérature [41] à montré que les arthroplasties du membre inférieur étaient suivie plus fréquemment d'un gain de poids plutôt que d'une perte pondérale.

Le grade de l'obésité intervient également sur l'impact négatif de l'obésité. Son effet est plus important en cas d'obésité morbide quoique là encore l'amélioration sur les scores fonctionnelles est comparable ou proche à celle des patients non obèses.

Ces données nous permettent d'informer nos patients sur les attentes fonctionnelles qu'ils peuvent avoir après ce type d'intervention en fonction de leur IMC et nous montrent que fonctionnellement tous les patients semblent pouvoir tirer un bénéfice d'une arthroplastie du membre inférieur. Bien entendu il convient de ne pas négliger le risque majeur de complications associé à l'obésité et à l'obésité morbide en particulier.

Enfin cette revue exhaustive de la littérature nous montre qu'il n'existe pas d'étude de qualité sur l'impact de l'IMC sur la récupération fonctionnelle de la marche après PTH et PTG qui comprenne une analyse quantitative de la marche.

II. Mise en place du protocole : 1^{ère} étude portant sur les voies d'abord et le suivi longitudinal de la cohorte LOCOX 2

Afin d'évaluer notre protocole d'analyse quantifié de la marche et son caractère discriminant nous avons réalisé une première étude comprenant un suivi longitudinal d'une cohorte de patients coxarthrosiques (Cohorte LOCOX 2) opérés d'une PTH en comparant les voies d'abord chirurgicales utilisées. Cette première étude ancillaire du PHRC LOCOX 2 nous a permis de nous familiariser avec l'analyse quantifiée de la marche appliquée aux résultats de la chirurgie orthopédique. Cela nous a également donné l'occasion d'évaluer la pertinence des différentes données cinématiques, cinétiques et posturales collectés afin d'affiner notre protocole en ne conservant que les paramètres exploitables et interprétables.

Nous présentons ici les résultats de cette réflexion sous la forme d'une étude publiée dans International Orthopaedics en 2017 [57] avec l'équipe de la Plateforme d'Investigation Technologique du CHU de Dijon.

Introduction

La cupule à double mobilité dessinée par Gilles Bousquet en 1975 [73] est déjà largement utilisée en arthroplastie totale de la hanche (PTH) avec d'excellents résultats en termes de taux de luxation [74]. La double mobilité constitue aujourd'hui une alternative dans le traitement chirurgical primaire de l'arthrose de hanche, comme le montre leur utilisation croissante en Europe. Les dernières études ont confirmé leurs avantages en termes de risque de luxation sans augmentation de l'usure de la surface d'appui, même en chirurgie primaire [75] et une meilleure récupération fonctionnelle. Cet avantage pourrait être renforcé par l'utilisation d'un abord mini-invasif, permettant une épargne musculaire, comme celui décrit par Röttinger, une approche

antéro-latérale mini-invasive passant entre le tenseur du fascia lata et le gluteus medius [76] (figures 2 et 3). Néanmoins, peu d'études existent dans la littérature pour confirmer cette hypothèse et des incertitudes demeurent quant aux bénéfices de l'abord de Röttinger par rapport à un abord postérieur de référence telle que la voie d'abord de Moore.

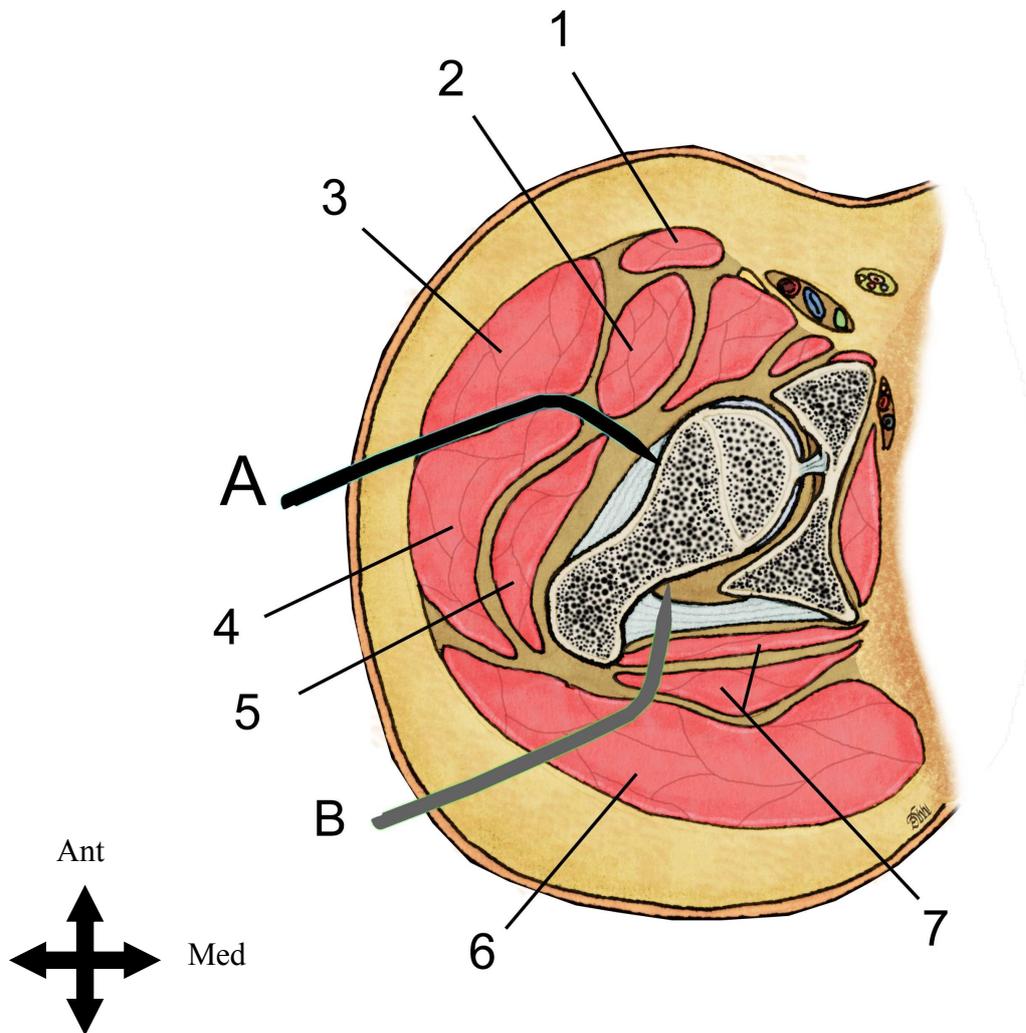


Figure 2: Coupe transversale de la hanche avec les deux approches différentes: approche de Röttinger (A) et approche de Moore (B)

1: Sartorius, 2: Rectus Femoris, 3: Tenseur du fascia lata, 4: Gluteus Medius, 5: Gluteus Minimus, 6: Gluteus Maximus, 7: Rotateurs externes de la hanche

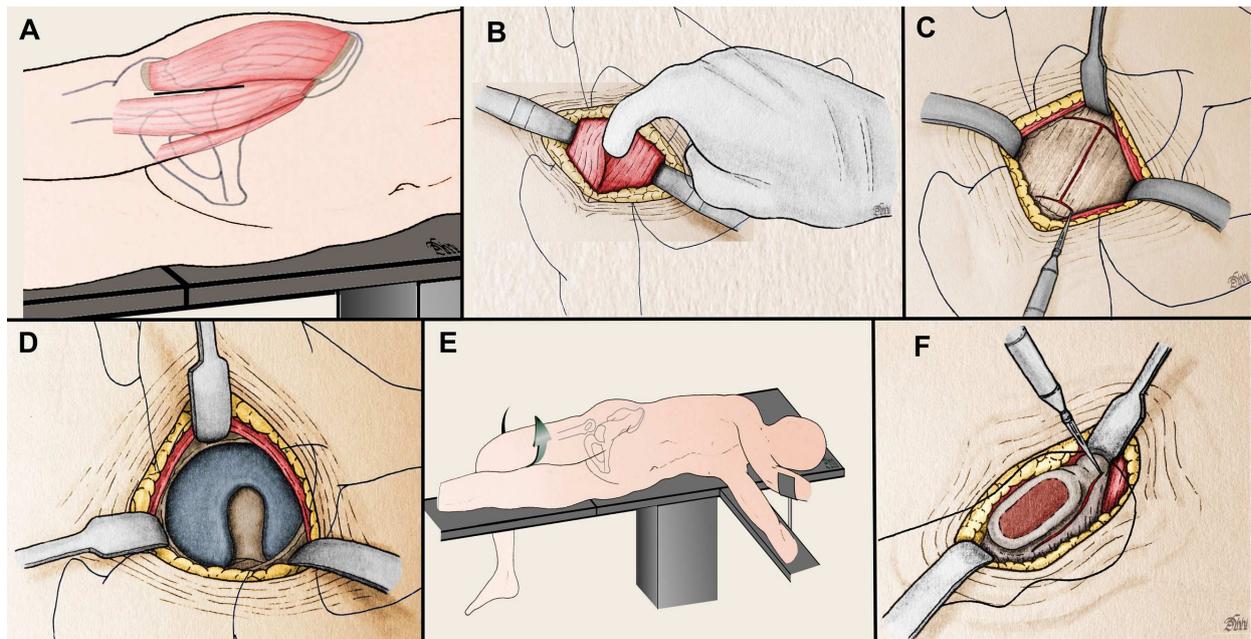


Figure 3 : La voie d'abord de Röttinger étape par étape

A: Ligne d'incision et repères osseux (épine iliaque supérieure antérieure et grand trochanter)

B: Le plan musculaire entre le muscle moyen fessier latéralement et le tenseur fascia lata est développé avec le doigt

C: Capsulotomie pour accéder au col fémoral et effectuer la coupe fémorale

D: Visualisation de l'acétabulum après le retrait de la tête fémorale

E: Le membre inférieur est placé en extension, en adduction et en rotation externe pour la préparation fémorale

F: Visualisation du fémur par la libération des insertions capsulaires postérieures du fémur

L'une des difficultés de l'évaluation de la récupération fonctionnelle après PTH dans l'arthrose de la hanche réside dans le fait que les évaluations cliniques sont pour la plupart subjectives. Grâce aux améliorations de l'analyse quantifiée de la marche, les paramètres cinématiques (amplitude actives articulaires, vitesse de marche, durée de l'appui et du double appui, etc.) peuvent désormais être utilisés comme critère de jugement pour évaluer les bénéfices fonctionnels des PTH [77].

À ce jour, aucune étude utilisant des données cliniques longitudinales et une analyse quantifiée de la marche n'a examiné la récupération fonctionnelle après PTH à double mobilité par une voie d'abord antérolatérale mini-invasive.

Cette étude de cohorte prospective visait à :

- 1) évaluer le bénéfice fonctionnel et la fiabilité des PTH à double mobilité dans une cohorte de patients atteints d'arthrose de hanche
- 2) comparer la récupération fonctionnelle et les paramètres biomécaniques après PTH selon deux approches chirurgicales validées (voie d'abord de Röttinger vs Moore).

Matériels et méthode

Protocole d'étude

Étude de cohorte prospective non randomisée monocentrique (protocole de recherche clinique hospitalière universitaire (PHRC) nommé LOCOX 2 avec évaluations cliniques et biomécaniques avant et après PTH (6 mois)

Critère d'inclusion

Les critères d'inclusion étaient les suivants : hommes ou femmes âgés de 40 à 85 ans, présentant une arthrose unilatérale symptomatique de la hanche, définie selon les critères de l'American College of Rheumatology [78] avec une indication de PTH selon le chirurgien. Les patients devaient être capables de comprendre des instructions simples et avoir fourni un consentement éclairé par écrit. La sévérité radiologique a été évaluée selon la classification de Kellgren et Lawrence (stade 2,3 ou 4). Les patients ont dû accepter un protocole de réadaptation post-opératoire standardisé dans un centre spécialisé (3 semaines)

Les patients souffrant d'arthrose des membres inférieurs symptomatique ou de maladies neuromusculaires pouvant interférer avec l'analyse de la marche et les patients ayant déjà subi une chirurgie des membres inférieurs n'ont pas été inclus.

Le protocole d'étude a été approuvé par le comité d'éthique local (CPP Est 1. Dijon, France). Il a été réalisé conformément aux principes de bonnes pratiques cliniques et à la déclaration d'Helsinki et il est référencé dans le site web des essais cliniques : NCT02042586.

Répartition selon la voie d'abord chirurgicale

Le choix de l'approche et de l'implant dépendait du chirurgien consulté par le patient (chaque chirurgien utilise exclusivement l'une des deux techniques) sans sélection ni randomisation des patients afin de ne pas modifier les pratiques chirurgicales habituelles. Les patients ont donc été opérés par un chirurgien orthopédiste expérimenté dans l'une des deux approches: postérolatérale [79] (Moore) ou antérolatérale mini-invasive (Röttinger). Tous les implants étaient des PTH sans ciment avec une cupule à double mobilité : Tregor® d'Aston Medical (Saint Etienne, France) ou Sunfit® (ou Novae E®) de SERF (Decines, France) et des tiges fémorales : Symetric® d'Aston Medical ou XO® de SEM (Montrouge, France). Les interventions ont été réalisées conformément aux techniques opératoires de référence.

Évaluation clinique

Les données démographiques (âge, sexe, indice de masse corporelle (IMC)), la sévérité radiographique (sur une radiographie du pelvis) et le score de l'American Society of Anesthesiology (ASA) ont été recueillies à l'inclusion.

Les critères algofonctionnels ont été évalués avant la chirurgie (J0) et à 6 mois (J180) en utilisant l'échelle visuelle analogique (EVA) pour coter la douleur (un score de 1 à 4 indique

une légère douleur, un score de 5 à 6 indique une douleur modérée et un score de 7 à 10 indique une douleur intense). Les cinq domaines de HOOS (douleur, symptômes, fonction/vie quotidienne, sports et loisirs, qualité de vie) notés sur 100 [80] ont été collectés. Le niveau de satisfaction des patients était évalué en utilisant le PASS (Patient Acceptable Symptom State) avec des valeurs pour l'EVA douleur : EVA <35 et pour le HOOS fonction/vie quotidienne (HOOS Fonction/vie quotidienne > 65) [81]. Les données peropératoires suivantes ont également été recueillies : pertes de sang, longueur de l'incision et durée de la chirurgie.

Évaluation biomécanique

Des analyses quantifiées de la marche ont été effectuées à J0 et J180 sur une plateforme spécifique en utilisant le système VICON. Des marqueurs passifs ont été placés sur le patient selon le modèle défini par «plugin Gait » fourni avec le système d'analyse de mouvement Vicon® (Figure 4). Ce système permet de quantifier les mouvements de différents segments et articulations dans les trois dimensions pour chaque articulation du membre inférieur. Les données ont été enregistrées à une fréquence de 100Hz. Les lacunes de moins de 20 points ont été comblées et les données ont ensuite été filtrées avec un filtre Woltring, fourni avec l'équipement d'acquisition. Pour les évaluations à J0 et à J180, les patients ont effectué le test à leur vitesse de marche préférée comme suit : marcher pieds nus le long du trajet prédéterminé (~ 6 m) marqué dans un couloir 15 fois avec les yeux ouverts.

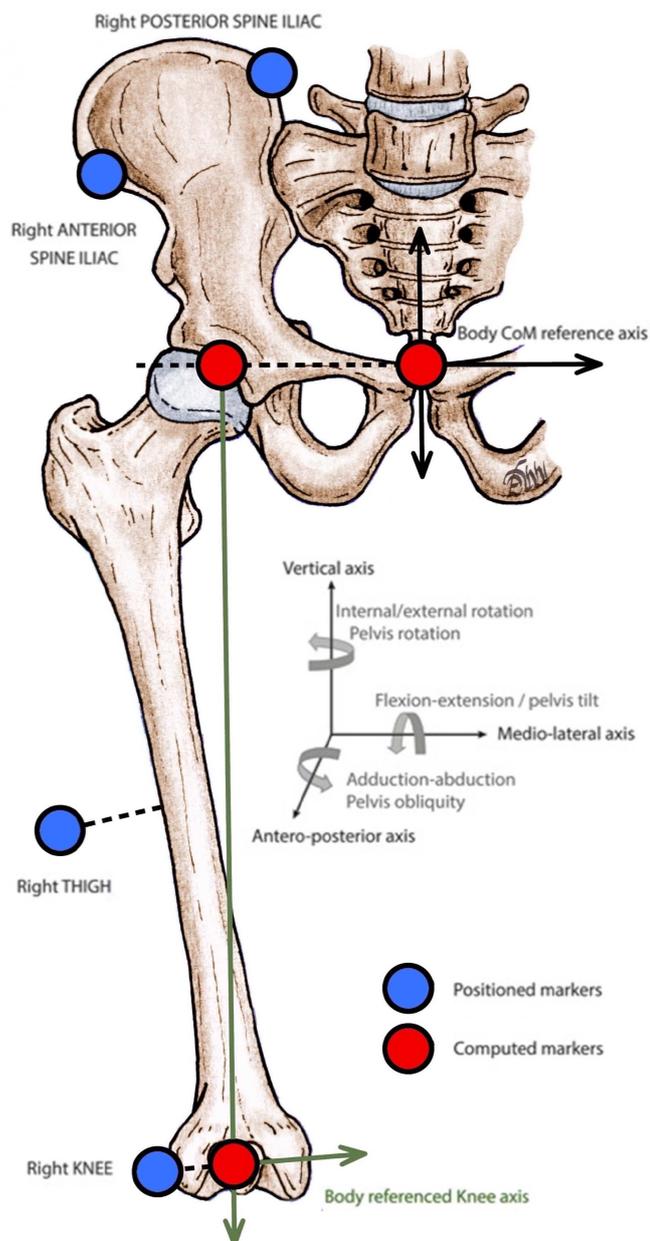


Figure 4 : Ensemble biomécanique avec placement des marqueurs pour l'analyse de la marche quantifiée

Les paramètres suivants ont été enregistrés :

- Paramètres de marche standard : vitesse de marche (m / s), longueur du cycle de marche (m), longueur de pas (m), durée des phases de simple appui et de double appui (% du cycle de marche).

- Amplitude active de mouvement de la hanche dans le plan sagittal (flexion-extension) et frontale (abduction-adduction)

Une analyse biomécanique complète a été réalisée dans un groupe témoin de 61 personnes en bonne santé avec un âge moyen de 65,5 ans (+/- 9,3) et un IMC moyen de 25,17 kg/m² (+/- 3,8) en utilisant le même protocole.

Analyse statistique

Les moyennes et les écarts-types, les extrema, les médianes et les intervalles interquartiles ont été calculés pour les caractéristiques démographiques continues de référence et les données peropératoires dans le groupe témoin et les deux groupes de patients. Les fréquences et les pourcentages ont été calculés pour les variables qualitatives. La même description a été faite pour les données cliniques et biomécaniques de base selon le groupe de voie d'abord chirurgicale. Pour identifier les facteurs de confusion potentiels, toutes les données de référence ont été comparées entre les deux groupes en utilisant le test de Wilcoxon-Mann-Whitney pour les variables quantitatives ou le test exact de Fisher pour les variables qualitatives.

Les différences J180-J0 ont été calculées pour les variables continues cliniques et biomécaniques. Elles étaient considérées comme des variables dépendantes (résultats). Pour évaluer l'effet de l'approche chirurgicale sur ces résultats, une analyse de régression linéaire multivariée a été effectuée, ajustée sur le HOOS symptômes et l'IMC. La même analyse a été réalisée pour l'évolution J180-J0 du PASS (HOOS fonction et EVA) en utilisant une régression logistique ajustée pour le HOOS symptômes et l'IMC. La signification statistique a été fixée à $p < 0,05$. Toutes les analyses statistiques ont été effectuées à l'aide du logiciel SAS 9.4.

L'analyse statistique a été effectuée au Centre d'Investigation Clinique-Epidémiologie Clinique du CHU de Dijon (CICI-EC, Pr Claire Bonithon-Kopp / Pr Christine Binquet) par Mr Abderrahmane Bourredjem (ingénieur biostatisticien) avec le logiciel SAS

Résultats

Données démographiques et opérationnelles

Soixante-dix patients ont été inclus dans cette étude de cohorte prospective, 38 dans le groupe Röttinger et 32 dans le groupe Moore. Les données démographiques sont présentées dans le tableau 1. L'IMC était légèrement, mais statistiquement différent entre les groupes Röttinger et Moore (27,3 kg/m² vs 28,8 kg/m², $p = 0,04$). Le groupe témoin ne différait pas significativement de la cohorte des patients en termes d'âge et de sexe.

La durée de la chirurgie était significativement plus longue et l'incision significativement plus courte dans le groupe Röttinger. Il n'y avait pas de différence significative entre les deux groupes pour les pertes sanguines ou les événements indésirables, avec un événement indésirable dans chaque groupe (une infection et une fracture du trochanter post-opératoire).

Les données cliniques et biomécaniques de référence étaient similaires pour les deux groupes, à l'exception du HOOS symptômes qui était plus élevé dans le groupe Moore: 48 +/- 16,6 vs 37 +/- 17,4, $p = 0,008$

Tous les paramètres cinématiques étaient significativement plus élevés dans le groupe témoin. (Figure 5)

Les tableaux 2 et 3 résument les résultats cliniques et cinématiques à 6 mois.

| | Cohorte totale | Groupe Röttinger | Groupe Moore | p |
|--|-----------------------|-------------------------|---------------------|------------------|
| | n = 70 | n = 38 | n = 32 | |
| Age (ans) | 67.4 (9.5) | 67 (9) | 68 (10.2) | 0.59 |
| Sex Ratio (Hommes/Femmes) | 32/38 0.84 | 14/24 0.58 | 18/14 1.28 | 0.14 |
| IMC (kg/m ²) | 28 (4.7) | 27.3 (5) | 28.8 (4.3) | 0.04 |
| Classification de Kellgren et Lawrence | | | | 0.76 |
| <i>Stade II (%)</i> | 17 (24%) | 11 (29%) | 6 (19%) | |
| <i>Stade III</i> | 32 (46%) | 15 (39%) | 17 (53%) | |
| <i>Stade IV</i> | 21 (30%) | 12 (32%) | 9 (28%) | |
| Score ASA | | | | 0.63 |
| I | 15 (21%) | 9 (24%) | 6 (19%) | |
| II | 51 (73%) | 26 (68%) | 25 (78%) | |
| III | 4 (6%) | 3 (8%) | 1 (3%) | |
| Temps de chirurgie (min) | 70.6 (20.9) | 76 (23.4) | 64.3 (15.6) | 0.04 |
| Longueur de l'incision (cm) | 11.4 (2.3) | 10.4 (2.4) | 12.7 (1.6) | <0.001 |
| Pertes sanguines (ml) | 515 (289) | 518 (326) | 510 (242) | 0.72 |

Tableau 1 : Caractéristiques des patients à l'inclusion et données peropératoires

IMC : indice de masse corporelle. Score ASA (Score de l'American Society of Anesthesiology) : Système de classification de l'état physique de l'ASA. Variables exprimées en tant que moyennes par groupe avec écart-type et intervalle entre parenthèses lorsqu'elles sont disponibles

| | Röttinger (n=38) | | | Moore (n=32) | | | p |
|--------------------|------------------|-------------|-----------------------|--------------|-------------|-----------------------|------|
| | J0 | J180 | Δ (J180-J0) | J0 | J180 | Δ (J180-J0) | |
| EVA Douleur | 7.14 (1.7) | 1 (1.8) | 6.14 | 6.56 (1.8) | 1.25 (1.7) | 5.31 | 0.78 |
| PASS | | | | | | | |
| HOOS fonction >65 | 1 (3%) | 31 (82%) | 30 (79%) | 2 (6%) | 25 (78%) | 23 (72%) | 0.93 |
| EVA douleur < 35 | 2 (6%) | 33 (87%) | 31 (82%) | 2 (6%) | 29 (91%) | 27 (84%) | 0.60 |
| HOOS | | | | | | | |
| Sympômes | 37 (17.4) | 84.2 (15.8) | 47.2 | 48 (16.6) | 85.2 (14.1) | 37.2 | 0.82 |
| Douleur | 36.8 (15.6) | 86 (17) | 49.2 | 43.3 (16.7) | 86.9 (13.2) | 43.6 | 0.64 |
| Fonction | 35.6 (13.8) | 81.8 (17.9) | 46.2 | 42 (15.1) | 81.9 | 39.9 | 0.70 |
| Sports/Loisirs | 22.9 (18.2) | 70.7 (26) | 47.8 | 27.2 (17.7) | 71.3 (23.7) | 54.1 | 0.32 |
| Qualité de vie | 23.7 (20) | 80.9 (22.7) | 57.2 | 31.1 (19.7) | 87.1 (13.7) | 56 | 0.40 |
| Total | 31.1 (13.7) | 80.7 (18) | 49.6 | 38.3 (14.5) | 82.6 (12.6) | 44.3 | 0.46 |

Tableau 2 : Comparaison des gains cliniques dans les groupes de Röttinger et Moore entre J0 et J180 (ajusté sur le BMI et le score HOOS symptômes)

Variables exprimées en tant que moyenne par groupe avec écart-type entre parenthèses ou pourcentage. Valeur p calculée pour les différences : J180-J0 entre les groupes Röttinger et Moore. EVA : Échelle visuelle analogique. PASS : Patient Acceptable Symptom State. HOOS : Hip Osteoarthritis Outcomes Score

| | Röttinger (n =38) | | | Moore (n =32) | | | p |
|---------------------------------------|--------------------------|----------------|------------------|----------------------|----------------|------------------|----------|
| | J0 | J180 | Δ | J0 | J180 | Δ | |
| | | | (J180-J0) | | | (J180-J0) | |
| Vitesse de marche (cm/s) | 72.9 (23.8) | 88.5 (22.8) | 15.6 (17.6) | 80.7 (22.2) | 94.1 (20.4) | 13.4 (18.5) | 0.75 |
| Longueur du pas (cm) | 43 (10.1) | 50.2 (9) | 7.2 (7.4) | 47.3 (9.3) | 53.3 (9.2) | 6 (8.6) | 0.73 |
| Temps de simple appui (%) | 33 (4) | 35 (3) | 2 (3) | 35 (3) | 36 (2) | 1 (2) | 0.33 |
| Tps de double appui (%) | 32 (7) | 28 (5) | -3 (5) | 29 (6) | 27 (5) | -2 (4) | 0.3 |
| Amplitudes articulaire actives | | | | | | | |
| Flexion/Extension (degrés) | 23.7 (7.7) | 32.4 (7.1) | 8.8 (6.2) | 26.2 (6.7) | 24.4 (5.3) | 8.2 (5.7) | 0.58 |
| Abduction/Adduction (degrés) | 5.8 (2.1) | 8 (2.2) | 2.2 (2.6) | 6.6 (2.4) | 9.2 (2.7) | 2.6 (2.6) | 0.56 |

Tableau 3 : Comparaison des gains biomécaniques dans les groupes de Röttinger et Moore entre J0 et J180

Variables exprimées en moyenne par groupe avec écart-type entre parenthèses.

| | Cohorte n=70 | Röttinger n = 38 | Moore n = 32 | p |
|--|-------------------------|-----------------------------|-------------------------|--------------|
| Données cliniques | | | | |
| EVA | 6.9 (1.8) | 7.14 (1.7) | 6.56 (1.8) | 0.2 |
| PASS | | | | |
| HOOS fonction >65 | 3 (4%) | 1 (3%) | 2 (6%) | 0.59 |
| EVA Douleur < 35 | 4 (6%) | 35 (92%) | 30 (94%) | 1 |
| HOOS | | | | |
| Symptômes | 41.8 (17.8) | 37 (17.4) | 48 (16.6) | 0.008 |
| Douleur | 39.8 (16.3) | 36.8 (15.6) | 43.3 (16.7) | 0.07 |
| Activités quotidiennes | 38.5 (14.7) | 35.6 (13.8) | 42 (15.1) | 0.1 |
| Sports/Loisirs | 24.8 (18) | 22.9 (18.2) | 27.2 (17.7) | 0.25 |
| Qualité de vie | 27 (20) | 23.7 (20) | 31.1 (19.7) | 0.11 |
| Total | 34.4 (14.4) | 31.1 (13.7) | 38.3 (14.5) | 0.05 |
| Données biomécaniques | | | | |
| Vitesse de marche (cm/s) | 76.5 (23.2) | 72.9 (23.8) | 80.7 (22.2) | 0.18 |
| Longueur du pas (cm) | 45 (11.4) | 43 (10.1) | 47.3 (9.3) | 0.06 |
| Temps de simple appui (%) | 34 (4) | 33 (4) | 35 (3) | 0.06 |
| Temps de double appui (%) | 30 (6) | 32 (7) | 29 (6) | 0.49 |
| Amplitudes articulaires actives | | | | |
| Flexion/Extension (degrés) | 24.8 (7.3) | 23.7 (7.7) | 26.2 (6.7) | 0.1 |
| Abduction/Adduction (degrés) | 6.2 (2.2) | 5.8 (2.1) | 6.6 (2.4) | 0.1 |

Tableau 4: Comparaison clinique et biomécanique à l'inclusion entre les 2 groupes.

EVA : Échelle de douleur visuelle analogique. PASS: Patient Acceptable Symptom State. HOOS : Hip Osteoarthritis Outcome Score.

| Données cliniques | D0 | D180 | p |
|-------------------------------|-------------|-------------|------------------|
| EVA Douleur | 6.9 (1.8) | 1.12 (1.8) | |
| PASS | | | |
| HOOS fonction >65 | 3 (4%) | 56 (80%) | <0.001 |
| EVA <35 | 4 (6%) | 62 (89%) | |
| HOOS | | | |
| <i>Sympômes</i> | 41.8 (17.8) | 84.6 (15) | <0.001 |
| <i>Douleurs</i> | 39.8 (16.3) | 86.4 (15.2) | <0.001 |
| <i>Activités quotidiennes</i> | 38.5 (14.7) | 81.1 (16.4) | <0.001 |
| <i>Sports/Loisirs</i> | 24.8 (18) | 71.3 (23.7) | <0.001 |
| <i>Qualité de vie</i> | 27 (20) | 83.8 (19.2) | <0.001 |
| <i>Total</i> | 34.4 (14.4) | 81.6 (15.7) | <0.001 |

Tableau 5 : Analyse clinique de l'amélioration fonctionnelle entre J0 et J180

Variables exprimées en tant que moyenne par groupe avec écart-type entre parenthèses.

HOOS : Hip disability Osteoarthritis Outcome score, EVA: Échelle visuelle analogique, PASS: Patient acceptable symptom state.

| Données biomécaniques | J0 | J180 | Groupe Contrôle | p J0-GC | p J180-GC |
|---------------------------------|-------------|-------------|----------------------------|------------------|------------------|
| Vitesse de marche (cm/s) | 76.5 (23.2) | 91 (21.8) | 110.8 (16.1) | <0.001 | <0.001 |
| Longueur du pas (cm) | 45 (11.4) | 51.6 (9.2) | 60.4 (6.3) | <0.001 | <0.001 |
| Temps de simple appui (%) | 34 (4) | 36 (3) | 38 (1) | <0.001 | <0.001 |
| Temps de double appui (%) | 30 (6) | 28 (5) | 25 (2) | <0.001 | <0.001 |
| Amplitudes articulaires actives | | | | | |
| Flexion/Extension (degrés) | 24.8 (7.3) | 33.4 (6.4) | 40.9 (4.8) | <0.001 | <0.001 |
| Abduction/Adduction (degrés) | 6.2 (2.2) | 8.5 (2.5) | 10.3 (2.4) | <0.001 | <0.001 |

Tableau 6 : Analyse biomécanique de l'amélioration fonctionnelle entre J0 et J180 avec comparaison du groupe témoin

Variables exprimées en moyennes par groupe avec écart-type entre parenthèses. GC : Groupe Contrôle

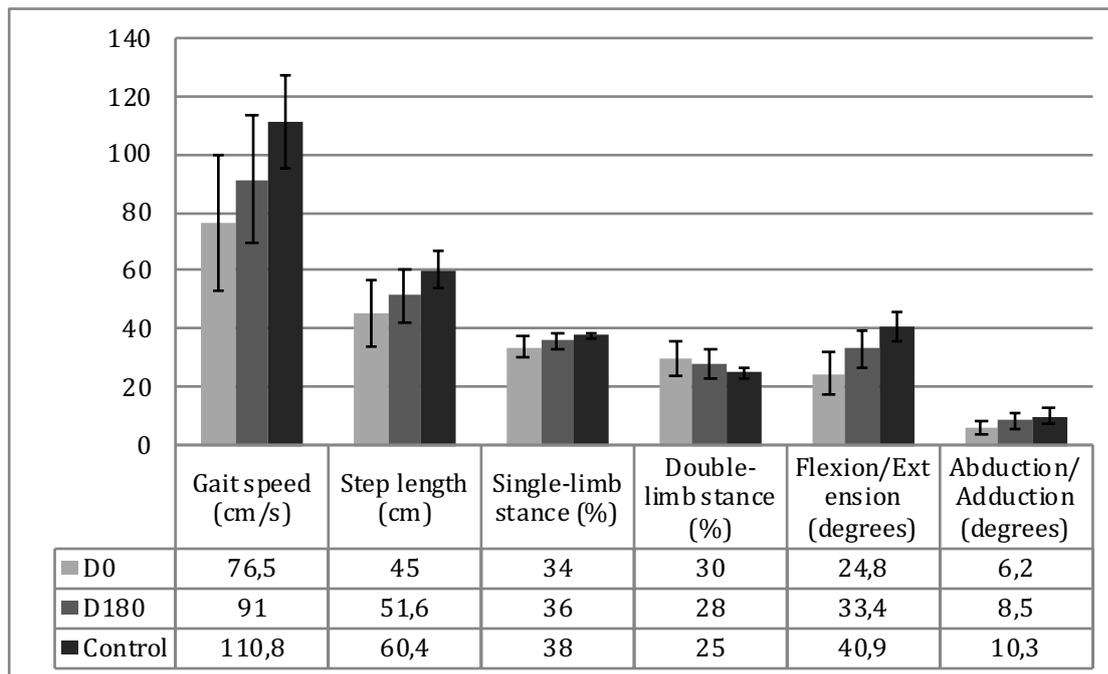


Figure 5 : Effet biomécanique de la PTH chez les patients par rapport au groupe témoin à J0 et J180.

Pour tous les paramètres biomécaniques, les valeurs p étaient $<0,01$ entre J0 et J180, entre le groupe témoin et J0 et entre le groupe témoin et J180

Gain fonctionnel à J180 (données cliniques et biomécaniques)

Une amélioration significative de tous les paramètres de la marche a été observée dans cette cohorte de patients avec des cupules à double mobilité ($p < 0,001$), y compris les paramètres spatiotemporels et l'amplitude active articulaire. Mais le bénéfice fonctionnel à 6 mois n'a pas atteint la valeur normale, comme l'illustre la différence résiduelle entre les patients et le groupe témoin (figure 5).

Cliniquement, tous les patients s'étaient améliorés (EVA douleur, PASS (EVA et HOOS fonction) et les 5 domaines du HOOS) significativement ($p < 0,001$) 6 mois après PTH à double

mobilité. Avec 80% des patients qui ont atteint le HOOS PASS (HOOS symptômes > 65) et près de 90% qui atteignaient le PASS EVA (EVA < 35) dans les deux groupes : 56 patients (80%) ont atteint le PASS HOOS et 62 (89%) le PASS EVA (Tableaux 5 et 6).

Comparaison entre les groupes (Röttinger vs. Moore)

Aucune différence dans l'évolution clinique à 6 mois n'a été détectée entre les deux groupes pour les paramètres de la marche et pour les scores cliniques.

Discussion

Cette étude a démontré pour la première fois le bénéfice fonctionnel de la cupule à double mobilité en termes de cinématique et de paramètres spatiotemporels, associés à une amélioration fonctionnelle clinique. Nos résultats montrent également une absence de différence sur ces paramètres entre les voies d'abord chirurgicales (Röttinger vs Moore) dans cette cohorte de patients coxarthrosiques.

En termes d'âge, de sexe, d'IMC (surpoids), de comorbidités, de sévérité radiologique et de sévérité clinique, cette cohorte était comparable à celles décrites dans la littérature concernant la coxarthrose au stade chirurgical [82]. Compte tenu des critères d'exclusion (pas d'autres troubles affectant le schéma de marche), les anomalies détectées par l'analyse cinématique sont très probablement liées à la coxarthrose et révèlent de sévères altérations de la marche avant chirurgie par rapport aux personnes saines. Ces résultats sont similaires à ceux d'autres séries de patients atteints de coxarthrose [83]. La seule différence semblait être une plus longue durée de double appui dans notre cohorte: 30% contre 27,3% pour Mayr et 25% pour Nantel [83, 84].

Cela peut être dû à des différences dans les méthodes de mesure, ou à l'âge plus avancé de notre cohorte de patients, car la durée du double appui augmente avec l'âge.

En ce qui concerne les données opératoires (opération plus longue, cicatrice plus petite dans le groupe de Röttinger), les différences observées sont similaires à celles rapportées dans la littérature. Martin [85] a également rapporté un temps de chirurgie plus long pour la voie mini-invasive antéro-latérale, même si la différence tend à disparaître avec l'expérience. La nature mini-invasive de l'abord de Röttinger due à son passage intermusculaire s'accompagnait également d'une incision plus courte que celle de l'abord de Moore.

Notre étude a confirmé les excellents résultats de la PTH à double mobilité dans l'arthrose de hanche à 6 mois, avec des résultats au moins comparables aux séries à simple mobilité [86] avec un taux élevé de patients dépassant le PASS pour le score de HOOS fonction et pour l'EVA douleur.

L'approche antéro-latérale mini-invasive a déjà montré ses avantages en terme de coût hospitalier [87] et d'ossifications hétérotopiques [88]. Si certaines études comparant des approches minimalement invasives avec des approches standard ont montré des différences cliniques en faveur des approches mini-invasives, ces différences tendent à disparaître avec le temps, sans différence dans les scores algofonctionnels à un an de suivi [89] ou à 5 ans [90]. D'autres n'ont trouvé aucune différence à court et à moyen terme [83, 91]. Nos résultats sont en accord avec ces séries.

De nombreux articles traitant de l'impact de la voie d'abord sur l'analyse quantifiée de la marche après PTH n'ont rapporté aucune différence significative (vitesse de marche, pas, fréquence, amplitudes articulaires actives) ; que cela soit entre l'abord antérolatéral et l'abord

postérieur [91], entre l'abord l'antérolatéral mini-invasif vs l'abord latéral standard [85, 92] ou même entre différentes voie d'abord mini-invasives [93], avec un suivi allant de J45 à J180. Lorsque des différences post-chirurgicales étaient retrouvées à court terme, elles tendent à disparaître avec le temps, comme dans l'étude de Lin [94], qui a trouvé une amélioration biomécanique plus importante à court terme pour l'approche antérolatérale mini-invasive mais à une année de suivi, la vitesse et la force étaient comparables. Les résultats de notre analyse biomécanique sont donc en accord avec la littérature.

Pour les deux voies d'abord, les paramètres de marche étudiés à 6 mois après arthroplastie totale de hanche ont été améliorés comme décrit par Ewen [95], avec une augmentation significative de la vitesse de marche, de la longueur du pas et des amplitudes articulaires actives de la hanche. La comparaison avec le groupe contrôle a confirmé que les valeurs des paramètres biomécaniques à 6 mois post-opératoires se rapprochaient de ceux des témoins sains mais sans pour autant les atteindre. Cela se vérifie également en comparant nos résultats à ceux rapportés dans la méta-analyse de Kolk [77]. Pour de nombreux auteurs, les patients après PTH ne parviennent jamais complètement à récupérer une marche normale même après 10 ans de suivi [93]. Ceci est potentiellement lié aux modifications permanentes des muscles stabilisateurs de la hanche, tels que le muscle moyen fessier dans le plan frontal et les muscles fléchisseurs de la hanche dans le plan sagittal et cela quelle que soit l'approche chirurgicale [77]. Ce phénomène pourrait aussi s'expliquer par la persistance de schémas ou de stratégies d'évitement de la douleur.

Tous ces résultats doivent être interprétés à la lumière des limites inhérentes à notre étude. Le recrutement monocentrique d'un hôpital universitaire peut être responsable d'un biais de sélection de la population, bien que la sévérité de l'arthrose à l'inclusion soit similaire à celle de la littérature. Les prothèses de la hanche utilisées n'étaient pas strictement identiques, même si

tous les patients avaient une PTH à double mobilité non cimentée. Concernant le protocole, il n'y avait pas de randomisation et un seul chirurgien expert dans chaque bras. Certains auteurs rapportent un impact de la courbe d'apprentissage sur la précision du positionnement de la cupule et des complications péri-opératoires pour les abords antérieurs mini-invasifs [96] c'est pourquoi nous avons choisis uniquement des chirurgiens expérimentés, après cette courbe d'apprentissage le positionnement semble être au moins équivalent avec les abords antérieurs [97].

Conclusion

Ainsi la combinaison d'une cupule à double mobilité avec l'abord antérolatéral mini-invasif est une solution fiable pour garantir non seulement la stabilité de la hanche à court et long terme, mais aussi une récupération fonctionnelle rapide et soutenue, évaluée subjectivement par le patient et objectivement avec l'analyse quantifiée de la marche. Cette bonne récupération fonctionnelle semble proche de la récupération après PTH simple mobilité et doit être confirmée à plus long terme, notamment en ce qui concerne les taux de survie, même si les données les plus récentes sur les dispositifs à double mobilité dans la littérature sont rassurantes.

A l'issue de ce travail préliminaire nous avons donc validé notre protocole d'analyse quantifiée de la marche et nous avons entrepris 2 études indépendantes monocentriques prospectives afin de répondre à notre problématique : l'une à Dijon au sein de la Plateforme d'Investigation Technologique du CHU de Dijon, qui constituait une 2^{ème} étude ancillaire du PHRC LOCOX 2 et la seconde avec l'équipe du laboratoire de Cinésiologie Willy Taillard des Hôpitaux Universitaires de Genève. Les résultats de ces 2 études vous seront présentés dans les 2 chapitres suivants.

III. Dijon : PTH/obésité

Le surpoids et l'obésité sont des facteurs de risque reconnus d'arthrose. Si la relation entre indice de masse corporelle (IMC) et arthrose est moins forte pour la coxarthrose que pour la gonarthrose elle demeure tout de même significative. D'ailleurs plusieurs études récentes [98–100] ont souligné l'influence du surpoids sur l'incidence de la coxarthrose et sur la charge que cela représente dans les pays développés [101, 102]. D'autre part de nombreux travaux ont montré que l'arthroplastie totale de hanche (PTH) en cas d'obésité s'accompagnait d'un plus haut taux de complications per et post-opératoires en particulier en termes de luxations, d'infections profondes, de pertes sanguines, d'événements thromboemboliques [58, 103–105], de ré-intervention et de révision, tout en permettant une récupération plus faible des amplitudes articulaires de hanche (ROM) [106, 107].

Cependant, l'impact précis de l'obésité sur la récupération fonctionnelle reste peu étudié et les quelques résultats publiés sont controversés. Certains auteurs trouvent des résultats équivalents entre patients obèses et non-obèses [28, 37] et d'autres de plus mauvais résultats pour les patients obèses par rapport aux patients non-obèses [31, 108]. Dans ce contexte, l'apport de l'analyse quantifiée 3D de la marche pourrait constituer un outil fiable et objectif afin d'évaluer la récupération fonctionnelle après PTH [107, 109]. D'ailleurs certains auteurs ont montré une bonne corrélation entre les résultats fonctionnels cliniques et les paramètres de la marche en particulier pour la vitesse de marche et les amplitudes actives de mouvement (ROM) de la hanche dans le plan sagittal (ROM). A ce jour, aucune étude n'a analysé l'influence de l'IMC sur la récupération de la marche (récupération de la vitesse de marche et récupération des ROM) après PTH.

Ainsi l'objectif de cette étude était d'évaluer l'influence de l'IMC sur les ROM de hanche dans le plan sagittal et sur la vitesse de la marche, en préopératoire et à 6 mois post-opératoires après une PTH. Notre hypothèse étant que l'obésité ($IMC > 30 \text{ kg/m}^2$) est associée à une récupération plus faible des paramètres de marche.

Matériel et méthodes

Critères d'inclusion et groupe contrôle

Soixante-seize patients programmés pour une PTH pour une coxarthrose symptomatique et acceptant de participer à cette étude ont été inclus dans cette étude. Les critères d'inclusion étaient : homme ou femme, de 40 à 85ans, présentant une coxarthrose unilatérale symptomatique, défini selon les critères du collège américain de Rhumatologie [78] avec une indication de PTH posée par le chirurgien. Tous les patients devaient avoir accepté un protocole de rééducation standardisé dans un centre de rééducation après l'intervention (durée de 3 semaines).

Les patients souffrant d'autres affections symptomatiques des membres inférieurs ou de maladies neuromusculaires qui pourraient interférer avec la marche étaient exclus, de même que les patients ayant des antécédents de chirurgie des membres inférieurs. Il était demandé aux patients participants à cette étude de se rendre disponible pour effectuer une analyse quantifiée de la marche une semaine avant l'intervention chirurgicale (J0) et à 6 mois (J180) après la chirurgie. Dans le même temps ils remplissaient des questionnaires afin d'évaluer les résultats subjectifs.

Soixante et un participants sains, non obèses, sans aucune affection symptomatique des membres inférieurs ou antécédent de chirurgie des membres inférieurs ont été recrutés, après avoir signé un consentement écrit, pour constituer le groupe contrôle (GC). Ils étaient appariés à la population en sexe et en âge.

Le protocole de l'étude a été approuvé par le comité local d'éthique (CPP Est 1, Dijon, France). Tous les participants (patients et volontaires) inclus dans cette étude ont fourni un consentement écrit. Ce travail a été conduit en accord avec les principes de bonne pratique clinique et avec la déclaration d'Helsinki et il est référencé sur le site des essais cliniques : NCT02042586

Indice de masse corporelle

Selon la classification de l'Organisation mondiale de la Santé (OMS, 2000), les patients étaient classés en 4 groupes : IMC <25 kg/m² (IMC I), 25 <IMC <29.9 kg/m² (IMC II), 30.0 <IMC <34.9 kg/m² (IMC III) et IMC > 35.0 kg/m² (IMC IV). Ces quatre groupes ont été utilisés dans la première analyse, puis du fait du faible nombre de patients dans chaque catégorie d'IMC, 2 groupes ont été définis pour l'analyse finale : IMC <30 kg/m² (G1) and IMC > 30 kg/m² (G2).

Technique chirurgicale et suivi post-opératoire

Tous les patients inclus ont été opérés d'une PTH comme cela été prévu. Le choix de l'abord et des implants était laissé libre à l'opérateur consulté par le patient (chaque chirurgien n'utilisant qu'une voie d'abord dans cette étude.) et cela sans randomisation ou sélection de manière à ne pas modifier les pratiques chirurgicales courantes ?

Tous les patients ont donc été opérés par un chirurgien expérimenté dans l'une des voies d'abord : postéro-latérale, antéro-latérale classique ou mini-invasive. Tous les implants étaient des PTH non cimentées avec des cupules à double mobilité : Tregor[®] d'Aston Medical (Saint

Etienne, France) ou Sunfit[®] (ou Novae E[®]) de SERF (Decines, France) et les tiges fémorales étaient : Symetric[®] d'Aston Medical ou XO[®] de SEM (Montrouge, France). Les interventions se sont déroulées selon les techniques de référence.

Analyse de la marche et paramètres cinématiques

La récupération de la marche est définie comme une amélioration significative des paramètres de marche. Pour évaluer cette récupération une analyse quantifiée 3D de la marche était réalisée en suivant le même protocole durant les 2 visites (J0 et J180) sur une plateforme spécifique disposant de 12 caméras d'analyse du mouvement (VICON Peak, Oxford, Grande-Bretagne). Des marqueurs étaient placés sur le patient selon le modèle défini par le modèle conventionnel de marche (Conventionnal Gait Model) [110] fourni avec le système d'analyse du mouvement VICON[®]. Ce système permet de quantifier les mouvements des segments de membres et des articulations en trois dimensions, et cela pour toutes les articulations du membre inférieur. Les données étaient enregistrées à la fréquence de 100Hz. Les écarts de plus de 20 points étaient complétés et les données étaient ensuite filtrées par un filtre Woltring, fourni avec l'équipement d'acquisition. Pour les évaluations à J0 et J180 les patients devaient réaliser les tests de marche à leur vitesse de confort avec une marche pieds-nus selon un chemin prédéterminé (~ 6 m) marqué au sol 15 fois, yeux ouverts. Les cycles de marche étaient déterminés selon le modèle proposé par Zeni et al. [111]

Les paramètres suivants étaient ensuite extraits en utilisant les logiciels Matlab (The Mathworks, USA) et la « Toolbox » biomécanique toolbox [112] : la vitesse de marche (m/s) et les amplitudes actives (ROM) de hanche dans le plan sagittal (flexion-extension)

Le même protocole d'analyse quantifiée 3D de la marche était réalisé pour les 61 participants sains du groupe contrôle (âge moyen : 65.5+/- 9.3 ans ; IMC : 25.2+/- 3.8 kg/m²).

Données cliniques

Les données démographiques étaient collectées à l'inclusion : âge, sexe, IMC, sévérité radiologique selon la classification de Kellgren et Lawrence [113] et le score de l'American Society of Anesthesiology (ASA).

A chaque visite, avant la chirurgie (J0) et à 6 mois post-opératoires (J180), le niveau de douleur et l'impact fonctionnel étaient évalués en utilisant l'échelle visuelle analogique (EVA) de douleur (score de 1 à 4 : douleur faible, 5 à 6 : douleur modérée, 7 à 10 : douleur sévère) [17] et le score HOOS (Hip disability Osteoarthritis and Outcomes Score), ce score comprend 40 items répartis en 5 domaines : la douleur (10 items), les autres symptômes (5 items), la fonction/vie quotidienne (17 items), les activités sportives et loisirs (4 items) et la qualité de vie (4 items). Le score final varie de 100 (sujet normal) à 0 (retentissement maximal) [80]. Enfin le niveau de satisfaction était évalué en utilisant le PASS (Patient Acceptable Symptom State) pour l'EVA (EVA<35) et pour le HOOS fonction/vie quotidienne (HOOS fonction/vie quotidienne > 65) [81].

Les données peropératoires suivantes étaient également colligées : pertes sanguines, longueur de l'incision et durée chirurgicale.

Analyse statistique

Les moyennes et les écarts types (SD) étaient calculés à l'inclusion (J0) pour les données démographiques et peropératoires continues, pour le groupe contrôle et pour les groupes de patients. Les fréquences et les pourcentages étaient calculés pour les variables qualitatives. Pour identifier les potentiels facteurs de confusion, toutes les données à l'inclusion étaient comparées entre les groupes d'IMC en utilisant un test de Student pour les variables quantitatives et un test du Chi2 ou un test exact de Fisher pour les données qualitatives.

Le gain était calculé comme étant la différence entre les valeurs à J180 et à J0 pour les données continues cliniques et biomécaniques. Ces différences étaient comparées en utilisant des tests de Student appariés. Ces différences étaient considérés comme des valeurs dépendantes (résultats). Une analyse bivariée, utilisant des tests de Student, était réalisée en comparant plusieurs données en fonction des groupes d'IMC. Pour évaluer l'effet de l'IMC sur les gains des variables cinématiques (gain de Vitesse de marche et gain d'amplitude en flexion/extension de hanche) une régression linéaire multivariée a été réalisée, ajustée sur l'IMC, le sexe et le score de HOOS symptômes/raideur préopératoire. La même analyse a été réalisée pour évaluer l'évolution du PASS pour le HOOS activité/vie quotidienne et pour l'EVA douleur. La significativité statistique était fixée à $p < 0.05$.

Des analyses préliminaires nous ont permis de nous assurer de l'absence de violation des hypothèses de multicolinéarité et d'homoscédasticité. Pour interpréter les résultats, la taille de l'effet (Effect Size : ES) de Cohen a été calculée comme la différence moyenne non ajustée divisée par l'écart-type cumulé des moyennes des paramètres correspondants [114]. Une taille de l'effet avec $r < 0,20$ est considéré comme aléatoire, avec $0,2 \leq r \leq 0,5$ comme petit, $0,5 \leq r \leq 0,8$ comme modéré et avec $r \geq 0,8$ comme grand. Les analyses statistiques ont été effectuées à

l'aide du logiciel STATA, version 13.1 (StataCorp LP, College Station, Texas, États-Unis).

Toutes les analyses statistiques ont été effectuées à l'aide du logiciel SAS 9.4

Résultats

Caractéristiques des patients

Le tableau 7 résume les caractéristiques des patients et des témoins à l'inclusion ainsi que les données peropératoires selon les catégories d'IMC pour les patients. À l'exception de l'IMC, les groupes ne différaient pas significativement en ce qui concerne la répartition par sexe et l'âge.

| | Groupe Contrôle | Patients | | p G1 vs G2 |
|--|-----------------|---------------|---------------|------------|
| | | G1 < 30 kg/m2 | G2 ≥ 30 kg/m2 | |
| | N=61 | N=49 | N=27 | |
| Femmes* | 54% | 59% | 44% | 0.24 |
| Age (ans)* | 65.4 (9) | 67.6 (9.7) | 65.6 (8.6) | 0.31 |
| BMI (kg/m²) | 25.2 (3.8) | 25.4 (2.5) | 34.3(4.4) | <0.001** |
| Stade radiographique de Kellgren and Lawrence | | | | 0.47 |
| Stade II | | 14 (29%) | 5 (19%) | |
| Stade III | | 19 (39%) | 14 (53%) | |
| stade IV | | 16 (32%) | 8 (28%) | |
| ASA score | | | | 0.06 |
| 01-02 | | 48 (98%) | 23 (85%) | |
| 03 | | 1 (2%) | 4 (15%) | |
| Temps de chirurgie (min) | | 67.4 (19.7) | 78.6 (22.3) | 0.01 |
| Pertes sanguine (ml) | | 528.7 (293) | 509.6 (286) | 0.56 |
| Incision cutanée (cm) | | 10.7 (1.97) | 13.2 (2.66) | <0.001 |
| Abords | | | | 0.12 |
| Postéro-latéral | | 19 (39%) | 13(48%) | |
| Latéral | | 2 (4%) | 4 (15%) | |
| Antérolatéral | | 28 (57%) | 10 (37%) | |

Tableau 7: Caractéristiques cliniques à l'inclusion et données opératoires pour les deux groupes de patients IMC.

L'IMC est l'indice de masse corporelle. Le score ASA est le score de l'American Society of Anesthesiologists.

* les témoins n'étaient pas significativement différents des cas en termes de sexe et d'âge ($p = 1$ et $0,33$)

** L'IMC des témoins était comparable à l'IMC des cas G1 ($p = 0,89$) mais significativement différent de l'IMC des cas G2 ($p < 0,001$)

Résultats cinématiques

Au départ, la vitesse de marche et les amplitudes actives en flexion-extension de hanche étaient significativement plus faibles dans le groupe obèse que dans le groupe non obèse (Tableau 8). A 6 mois post-opératoire, la vitesse de marche et les amplitudes actives en flexion-extension de hanche ont significativement augmenté chez les patients obèses et non obèses avec un gain similaire dans les deux groupes, respectivement $0,16 \pm 0,20$ m / s et $0,13 \pm 0,17$ m / s ($p = 0,68$). La cinématique de la hanche pendant un cycle de marche complet est représentée sur la figure 6 en fonction des deux groupes de l'IMC, à J0 et J180. Par rapport aux participants sains, la flexion de la hanche chez les patients était significativement plus faible à l'inclusion et à 6 mois après la chirurgie avec une plus faible amplitude de mouvement et un pic de flexion et d'extension plus faible pour les groupes d'IMC les plus élevés (Tableau 8 et Figure 6). De même, la vitesse de marche était significativement plus faible chez les patients non obèses et obèses que chez les participants sains ($1,12 \pm 0,16$ m / s) à l'inclusion et à 6 mois post-opératoire ($p < 0,001$).

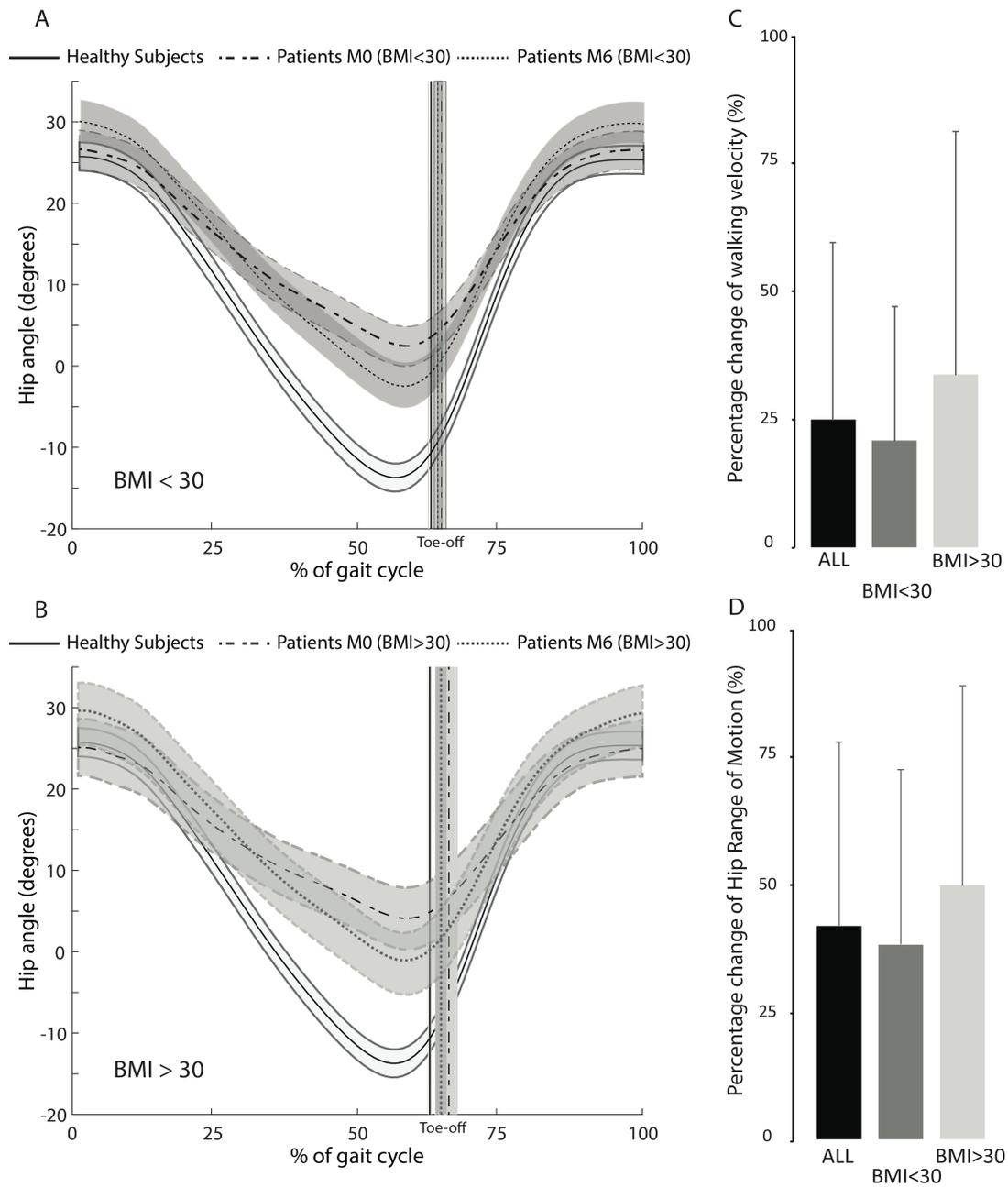


Figure 6 : Cinématique de la hanche chez les non-obèses (A) et chez les obèses (B) et amélioration de la vitesse de la marche (C) et des amplitudes active de la hanche dans le plan sagittal (D) entre J0 et J180

| Groupes d'IMC | | | | | | | | | | |
|--|-------------------------|------|------------------|-------------|--------------------------|------|------------------|-------------|---------------|-------------------|
| | <30.0 kg/m ² | | | | ≥ 30.0 kg/m ² | | | | G1 vs G2 | |
| | G1 | | G2 | | G1 | | G2 | | | |
| | n = 49 | | n = 27 | | | | | | | |
| | Moyenne | SD | p value | Effect size | Moyenne | SD | p value | Effect size | p value G1/G2 | Effect size G1/G2 |
| Vitesse de marche (m/s) | | | | | | | | | | |
| A l'inclusion | 0,81 | 0,22 | | | 0,64 | 0,23 | | | 0,004 | -0,76 |
| 6 mois après chirurgie | 0,95 | 0,22 | <0,001 | 0,6 | 0,81 | 0,21 | <0,001 | 0,8 | 0,015 | -0,65 |
| Gain | 0,13 | 0,17 | | | 0,16 | 0,2 | | | 0,68 | 0,17 |
| Amplitude active de hanche en flexion-extension | | | | | | | | | | |
| A l'inclusion | 26,1 | 7,3 | | | 21,4 | 6,6 | | | 0,005 | -0,67 |
| 6 mois après chirurgie | 34,2 | 6,6 | <0,001 | 1,2 | 30,8 | 5,5 | <0,001 | 1,5 | 0,035 | -0,55 |
| Gain | 8,1 | 5,3 | | | 9,4 | 6,5 | | | 0,42 | 0,23 |

Tableau 8 : Comparaison des résultats cinématiques

Écart moyen et écart type (SD) pour les deux groupes de patients IMC (G1 et G2) au départ et 6 mois après la chirurgie. Le gain est présenté comme la différence entre les valeurs à 6 mois et au départ.

Résultats cliniques

Au départ, les patients obèses étaient plus symptomatiques que les patients non obèses en ce qui concerne tous les domaines du HOOS, à l'exception de HOOS SR et de l'EVA douleur (Tableau 9). Les deux groupes se sont améliorés de façon significative entre le début et la fin de l'intervention (cinq domaines du HOOS, EVA, PASS HOOS et PASS EVA) et l'ampleur de l'amélioration (taille de l'effet) était similaire. Pour le HOOS SR et l'EVA douleur, une amélioration significativement plus importante a été observée dans le groupe obèse (gain dans le HOOS SR IMC <30: $39,3 \pm 18,8$ vs IMC ≥ 30 : $48 \pm 22,5$, ES : 0,4 ; p=0,034, et gain pour l'EVA douleur IMC <30: $5,4 \pm 2,4$ vs. BMI ≥ 30 $6,5 \pm 2,3$, ES : 0,5 ; p=0,049).

A 6 mois (J180), 86% des patients non obèses ont atteint le PASS HOOS (HOOS SR > 65%) et 88% ont atteint le PASS EVA (EVA < 35) alors que chez les obèses, 67% seulement ont atteint le PASS HOOS SR bien que 93% atteignaient le PASS EVA, sans différence significative entre les groupes (Tableau 9).

| Groupes d'IMC | | | | | | | | | | | | |
|--|----------|------|------------------|-------------|--------------------------|------|------------------|-------------|---------------|-------------------|-------------|-------|
| <30.0 kg/m ² | | | | | ≥ 30.0 kg/m ² | | | | | | | |
| G1 (n=49) | | | | | G2 (n=27) | | | | | | | |
| | Moyenne | SD | p value | Effect size | Moyenne | SD | p value | Effect size | p value G1/G2 | Effect size G1/G2 | | |
| HOOS douleur | | | | | | | | | | | | |
| J0 | 42,9 | 15,3 | <0,001 | 2,7 | 33 | 15 | <0,001 | 3,5 | 0,03 | -0,65 | | |
| J180 | 84,3 | 14,6 | | | 85,7 | 14,5 | | | | | 0,71 | 0,10 |
| Gain | 43,5 | 19,2 | | | 51,9 | 21,4 | | | | | 0,08 | 0,42 |
| HOOS symptômes | | | | | | | | | | | | |
| J0 | 45 | 15,8 | <0,001 | 2,6 | 33,5 | 19 | <0,001 | 2,6 | 0,01 | -0,68 | | |
| J180 | 84,3 | 14,6 | | | 81,5 | 17 | | | | | 0,55 | -0,18 |
| Gain | 39,3 | 18,8 | | | 48 | 22,5 | | | | | 0,03 | 0,43 |
| HOOS AVQ | | | | | | | | | | | | |
| J0 | 41,2 | 14,3 | <0,001 | 2,8 | 32,3 | 15 | <0,001 | 2,8 | 0,02 | -0,61 | | |
| J180 | 83,8 | 15,8 | | | 76,7 | 16,6 | | | | | 0,04 | -0,44 |
| Gain | 42,7 | 19,3 | | | 43,7 | 19,9 | | | | | 0,83 | 0,05 |
| HOOS SL | | | | | | | | | | | | |
| J0 | 25 | 16,9 | <0,001 | 2,4 | 22,2 | 19 | <0,001 | 1,9 | 0,39 | -0,16 | | |
| J180 | 74 | 22,5 | | | 64,6 | 24,6 | | | | | 0,1 | -0,40 |
| Gain | 49 | 25,2 | | | 42,4 | 27,7 | | | | | 0,27 | -0,25 |
| HOOS HRQOL | | | | | | | | | | | | |
| J0 | 29,5 | 20 | <0,001 | 2,6 | 19,9 | 18,3 | <0,001 | 3,5 | 0,04 | -0,49 | | |
| J180 | 83,4 | 20,5 | | | 81,9 | 16,6 | | | | | 0,5 | -0,08 |
| Gain | 54 | 26,9 | | | 62 | 21,6 | | | | | 0,25 | 0,32 |
| HOOS score total | | | | | | | | | | | | |
| J0 | 36,7 | 12,9 | <0,001 | 3,1 | 28,1 | 15,7 | <0,001 | 3,2 | 0,01 | -0,59 | | |
| J180 | 82,4 | 16 | | | 78,1 | 14,5 | | | | | 0,12 | -0,28 |
| Gain | 45,7 | 18,5 | | | 49,6 | 19,1 | | | | | 0,37 | 0,21 |
| Douleur de hanche (EVA) | | | | | | | | | | | | |
| J0 | 6,6 | 2 | <0,001 | 2,9 | 7,4 | 1,3 | <0,001 | -4,0 | 0,12 | 0,45 | | |
| J180 | 1,2 | 1,7 | | | 1 | 1,8 | | | | | 0,44 | -0,12 |
| Gain | 5,4 | 2,4 | | | 6,5 | 2,3 | | | | | 0,05 | 0,47 |
| PASS HOOS (HOOS Symptômes >65) | | | | | | | | | | | | |
| J0 | 3 (6%) | | <0,001 | | 1 (4%) | | <0,001 | | 1 | | | |
| J180 | 42 (86%) | | | | 18 (67%) | | | | 0,08 | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| PASS EVA (EVA Douleur <3.5) | | | | | | | | | | | | |
| J0 | 5 (10%) | | <0,001 | | 0 (0%) | | <0,001 | | 0,15 | | | |
| J180 | 43 (88%) | | | | 25 (93%) | | | | 0,41 | | | |
| | | | | | | | | | | | | |

Tableau 9 : Comparaison des résultats cliniques

Écart moyen et écart-type (SD) obtenu pour les deux groupes de patients IMC (G1 et G2) à l'inclusion (J0) et 6 mois après la chirurgie (J180). Le gain est présenté comme la différence entre les valeurs à 6 mois et au départ. F est une femme et H est un homme. Le HOOS est un score de résultat de coxarthrose avec cinq sous-domaines: symptômes, douleur, activités de la vie quotidienne (AVQ), sport et loisirs (SL), qualité de vie liée à la hanche (HRQOL) et l'EVA est l'Echelle Visuelle Analogique de douleur. PASS: Patient Acceptable Symptom State

Régressions linéaires multivariées

La régression linéaire multivariée (Tableau 10) avec ajustement n'a pas montré d'association significative entre l'IMC et le gain de vitesse de marche ($r = 0,026$, erreur standard 0,04, $p = 0,56$) et entre l'IMC et le gain de hanche ROM ($r = 1,06$, erreur std 1,36, $p = 0,44$).

| Modèle de régression n=76 | Coefficients multivariés | Erreur Standard | p-value |
|--|-----------------------------|--------------------|---------|
| Modèle pour le gain de Vitesse de marche | | | |
| Sexe | 0.034 | 0,03 | 0.21 |
| IMC | 0.026 | 0,04 | 0.56 |
| Gain de HOOS Symptômes | 0.002 | 0.001 | 0.06 |
| Modèle pour le gain amplitude active de hanche en flexion-extension | | | |
| Sexe | 1.6 | 0.85 | 0.06 |
| IMC | 1.06 | 1.36 | 0.44 |
| Gain de HOOS Symptômes | 0.12 | 0.03 | 0.002 |

Tableau 10 : Gain en vitesse de marche et en amplitude active en flexion-extension de hanche selon l'IMC ajusté en fonction du sexe et du gain de HOOS symptômes

Discussion

Les résultats de cette étude montrent que les patients ont significativement amélioré leurs résultats biomécaniques et cliniques 6 mois après la chirurgie, quel que soit leur IMC sans atteindre l'état fonctionnel des individus en bonne santé. Ainsi, l'obésité ne semble pas nuire à la récupération fonctionnelle de la marche, comme nous en avons fait l'hypothèse.

En effet, bien qu'étant plus symptomatiques avant l'intervention, les patients obèses ont eu une amélioration fonctionnelle comparable, en termes de gain, aux patients non obèses. Cette amélioration fonctionnelle ayant été objectivement évaluée par l'analyse quantifiée de la marche dans cette cohorte.

Certaines études ont évalué la récupération de la marche après PTH, selon différentes voies d'abord et à différents suivis [94, 95, 115–117]. Mais, à notre connaissance, celle-ci est la première à évaluer l'association entre l'obésité et la récupération fonctionnelle de la marche en termes d'amplitudes actives en flexion/extension de la hanche et de vitesse de marche à 6 mois après la PTH. Foucher & al ont trouvé que l'obésité pouvait être prédictive d'une cinématique de la marche inférieure après PTH sans une évaluation précise de cet impact et de la corrélation entre récupération clinique et biomécanique selon l'obésité [118]. Nos résultats sont en accord avec des études antérieures concernant la diminution de l'amplitude active en flexion/extension de la hanche pendant la marche et de la vitesse de marche par rapport aux patients en bonne santé malgré l'amélioration de la douleur (EVA) et de la fonction (HOOS). Cela confirme également les propos d'une précédente méta-analyse qui trouvait une amélioration des patients après la chirurgie sans atteindre des valeurs de contrôle sains [77]. Pour de nombreux auteurs, les patients après une PTH n'ont jamais complètement récupéré une marche normale même après 10 ans de suivi [93, 115].

Si tous les patients présentaient des paramètres de marche modifiés avant la chirurgie par rapport au groupe témoin, les patients obèses avaient des performances de marche significativement plus faibles (Figure 6). En dépit du même gain observé dans les deux groupes après PTH, les performances de marche chez les obèses sont restées significativement inférieures à celles des non-obèses à 6 mois, en particulier l'amplitude active de hanche en flexion/extension et la vitesse de marche [119].

La relation entre les résultats cliniques et biomécaniques après PTH a été rapportée dans certaines études antérieures [107, 118]. Mais les données de la littérature restent controversées

concernant l'impact de l'obésité sur les résultats fonctionnels après PTH avec des résultats cliniques identiques [28, 37] ou moins bons [31, 108] pour les patients obèses, ces résultats se basaient sur les scores et les tests cliniques. Même si les patients obèses sont souvent plus symptomatiques avant la chirurgie [120] et présentent des résultats cliniques postopératoires plus mauvais en valeurs absolues. A l'instar d'une étude récente qui trouvait des gains fonctionnels comparables entre obèses et non obèses en termes de mobilités passives de hanche et de HHS [31], nous confirmons ici que le gain fonctionnel est comparable aux patients non obèses, avec une taille de l'effet (Effect size) élevée ($> 0,8$) conformément à la littérature actuelle [114]. Cela a également été mis en évidence par le pourcentage de patients atteignant le PASS EVA et le PASS HOOS indépendamment de leur IMC.

L'une des limites de cette étude est l'absence d'analyse des groupes en fonction des 4 classes d'IMC, compte tenu de notre population limitée. Une autre limite est liée aux artefacts dus aux mouvements de la peau chez les patients obèses lors de l'analyse 3D de la marche [121], qui pourraient affecter la précision des mesures de la hanche. Toutefois une étude récente a démontré que la fiabilité de l'analyse 3D de la marche chez l'obèse semblait suffisante et reproductible [122]. Enfin, la dernière limitation est que notre groupe contrôle n'était malheureusement pas apparié sur l'IMC, il paraît effectivement très difficile de recruter des personnes obèses comparables en âge et en sexe à nos patients sans qu'ils ne présentent d'arthrose ou de pathologies interférant avec la marche.

Conclusion

Cette étude est à notre connaissance la première à explorer la relation entre l'obésité et performances fonctionnelles par des moyens subjectifs (HOOS) et objectifs (amplitudes actives de la hanche en flexion-extension et la vitesse de marche) 6 mois après PTH. Bien qu'ils n'atteignent pas les capacités fonctionnelles d'une personne en bonne santé, tous les patients montrent une amélioration comparable (en termes de gains) sur les résultats biomécaniques et cliniques indépendamment de leur IMC. Ainsi l'obésité ne constitue pas un facteur indépendant péjoratif de récupération fonctionnelle de la marche. Bien entendu le risque de complications peropératoires et postopératoires demeure largement majoré dans les populations obèses et obèses morbides en particulier.

IV. Genève : PTG/obésité

Il est largement reconnu que le surpoids et l'obésité sont des facteurs de risque d'arthrose [48, 51, 123–125]. L'arthrose est la plus courante des affections articulaires et son incidence dans les années à venir devrait encore progresser du fait du vieillissement de la population associé à la progression de l'obésité dans nos sociétés [1, 126].

Mécaniquement et biomécaniquement un indice de masse corporelle (IMC) important augmente les contraintes et les charges appliquées sur le genou et entraîne des altérations du mouvement et de la dynamique du genou [119, 127–130].

L'arthroplastie totale de genou (PTG) chez le patient obèse est connu pour présenter un risque augmenté d'infection, d'évènements thromboemboliques, de défaut d'alignement, de descellement avec des pertes sanguines et des temps opératoires majorés et des amplitudes articulaires (ROM) diminuées [7, 131–134]. La vitesse de marche et les ROM sont capitaux pour le soulagement de la douleur, la récupération de la marche et la satisfaction du patient après une PTG [135–143]. Les résultats fonctionnels après PTG chez les patients obèses, comparés aux patients non-obèses, sont pour certains auteurs comparables [33] et pour d'autres plus mauvais [26, 61, 70, 144, 145]. Toutefois comme nous l'avons exposé dans la revue de la littérature malgré de nombreux articles sur le sujet peu de données objectives sont actuellement disponible [55]. Quelques études ont retrouvé des mobilités plus faibles chez les patients obèses après PTG [146–148]. Cependant ces résultats étaient basés sur le « timed up-and-go test », le test de marche de 6 minutes ou sur le recueil des ROM passives du genou. Ainsi aucune étude n'a analysé l'influence de l'IMC sur la récupération des ROM du genou au cours de la marche ou sur la récupération de la vitesse de marche.

Notre objectif était donc d'explorer l'influence de l'IMC sur ces paramètres de la marche en préopératoire et à un an post-opératoire d'une PTG. L'obésité était définie, selon la définition de l'OMS, pour un $IMC \geq 30 \text{ kg/m}^2$ [149], notre hypothèse était que l'obésité était associée à une récupération plus faible des paramètres de marche.

Matériel et Méthodes

Population

79 patients programmés pour une PTG pour gonarthrose symptomatique ont été inclus dans cette étude prospective. Tous étaient classés stades II à IV de Kellgren et Lawrence [113]. Était exclus les patients avec des antécédents : de prothèse de hanche, de genou, ou de cheville, de chirurgie des membres inférieurs ou du rachis, de pathologies neurologiques ou orthopédiques affectant la marche ou l'équilibre. De même les patients marchant avec une canne ou une aide à la marche pour les faibles distances étaient exclus. Il était demandé aux patients inclus d'être disponibles pour une analyse de la marche une semaine avant l'intervention (visite préopératoire) et un an après l'intervention (visite post-opératoire). Ce protocole a été approuvé par le comité local d'éthique (n. CER 09-307). Un consentement écrit était signé par tous les participants. Notre groupe contrôle comprenait 32 participants sains appariés sur l'âge et le sexe qui ont réalisé une analyse de la marche selon le même protocole que les patients.

Technique chirurgicale et protocole de rééducation

Les 79 patients inclus ont été opérés avec mise en place d'une PTG. Une PTG cimentée postéro-stabilisée à plateau tibial fixe était utilisée pour tous les patients : 57 PFC Sigma® (Depuy Orthopaedics, Inc., Warsaw, IN, USA) et 22 GMK System® (Medacta, Inc., Castel San Pietro,

Suisse). L'abord était une voie parapatellaire médiale pour tous les patients sauf 2 qui ont été opérés par voie parapatellaire latérale. Une coupe tibiale première était réalisée par tous les chirurgiens avec une technique de coupes indépendantes pour 45 patients (avec mesure de la résection) et une technique de tenseur ligamentaire pour 34 patients en utilisant le système TRAM® (Depuy Orthopaedics) avec la PFC Sigma®, ou le système LBS® avec la GMK®. La patella était dénervée systématiquement et elle a été resurfacée dans 43 cas. Vingt chirurgiens ont été impliqués dans cette études.

Après la chirurgie tous les patients suivaient un protocole standardisé de rééducation de 6 semaines, avec une marche avec cannes à partir du 2^{ème} jour post-opératoire avec une charge complète autorisée. L'antibioprophylaxie consistait en une dose peropératoire avant l'incision cutanée et la thromboprophylaxie par héparine était maintenue pendant 6 semaines.

Sous-groupes en fonction de l'IMC

Notre population a tout d'abord était divisée en 4 groupes, selon les critères de l'OMS [149]: $IMC < 25 \text{ kg/m}^2$ (poids normal), $25 < IMC < 29.9 \text{ kg/m}^2$ (surpoids), $30 < IMC < 34.9 \text{ kg/m}^2$ (obésité de classe I) et $IMC > 35 \text{ kg/m}^2$ (Obésité classes II et III). Ensuite du fait du faible effectif de chaque sous-groupe nous avons constitué 2 groupes : Non obèses : $IMC < 30 \text{ kg/m}^2$ et Obèses : $IMC \geq 30 \text{ kg/m}^2$ utilisés pour la seconde analyse statistique.

Caractéristiques des patients

Le sexe, l'âge, l'IMC pré et post-opératoire, le type d'arthrose et le score ASA (American Society of Anesthesiologists) [150] ont été collectés à partir de la base de donnée Prothèses du service d'orthopédie des HUG, registre fondé en 1998.

Données biomécaniques

Une analyse quantifiée de la marche était réalisée, en préopératoire et un an après l'intervention, avec 12 caméras d'analyse du mouvement (VICON Peak, Oxford, Royaume-Uni) qui enregistraient une capture corps entier du mouvement lors de la marche. Des marqueurs étaient placés sur le pelvis et sur les 2 membres inférieurs selon le protocole de Davis [151], et sur le tronc selon celui de Gutierrez-Farewik [152]. Les trajectoires étaient filtrées grâce à un filtre dynamique, du logiciel Nexus, version 1.8.5, utilisant le principe de la prévision de l'erreur quadratique moyenne. Les cinématiques articulaires étaient générées par un modèle dynamique (Vicon Plug-In-Gait) et un minimum de 10 cycles de marche étaient réalisés. Tous les participants marchaient pieds-nus à une vitesse confortable pour eux.

De cette analyse 3D de la marche, 2 paramètres cinématiques étaient utilisés pour l'analyse : la vitesse de marche et les ROM actifs du genou lors du cycle de marche (calculés comme la différence entre la valeur minimale et la valeur maximale de flexion du genou). La vitesse de la marche était évaluée en mètres par seconde et la proportion de patients avec une vitesse de 1.3 m/s [109] était enregistrée. Seul le membre opéré était considéré.

Données cliniques

A chaque visite, le niveau de douleur et la capacité fonctionnelle étaient évalués en utilisant le score de WOMAC (Western Ontario and McMaster Universities Arthritis Index) [153]. De plus, l'état de santé globale et la qualité de vie étaient évalués par le SF-12 (Medical Outcomes Study 12-item Short-Form Health Survey) [154]. Il était également demandé aux patients d'estimer leur niveau de douleur du genou sur une échelle visuelle analogique (EVA) de 0 à 10. Une EVA de 1 à 4 signifiait douleur légère, 5 à 6 douleur modérée, 7 à 10 douleurs sévères [155]. Enfin, afin de quantifier l'évolution entre les 2 visites les différences entre les scores

moyens à un an post-opératoire et en préopératoire ont été calculées pour toutes les données cliniques.

Analyse statistique

Les analyses statistiques ont été réalisées en catégorisant les données cliniques et cinématiques pour les 2 groupes d'IMC (non obèses et obèses). Pour les données ayant une distribution suivant une loi normale des tests paramétriques ont été utilisés. Les moyennes et les écarts-types (SD) étaient calculés pour les variables continues. Pour quantifier l'évolution fonctionnelle entre les 2 visites le gain de vitesse et le gain de flexion étaient calculés comme étant la différence entre la valeur à un an post-opératoire et la valeur préopératoire pour ces 2 paramètres. Des t-tests sur échantillons appariés étaient réalisés pour évaluer les différences statistiques, avant et un an après chirurgie, pour les 2 sous-groupes d'IMC. Des t-tests sur échantillons non-appariés étaient utilisés pour comparer les patients avec les participants sains (groupe contrôle). Pour comparer les gains entre les 2 groupes d'IMC des t-tests sur échantillons indépendant étaient utilisés.

Enfin, des régressions logistiques linéaires uni et multivariées ont été réalisées pour évaluer l'association entre le gain de vitesse et l'IMC, et entre les ROM en flexion et l'IMC. L'analyse était ajustée sur le sexe, l'âge et l'amélioration du WOMAC douleur. Des analyses préliminaires ont permis de nous assurer de la normalité, de la linéarité, de la multilinéarité et de l'homoscédasticité supposées. Pour interpréter les résultats, les tailles d'effet de Cohen (Effect Size) ont été calculées comme les moyennes non ajustées divisées par l'écart-type cumulé moyen des paramètres correspondants. Une taille d'effet avec $r < 0.2$ est considéré négligeable, de 0.2 à 0.5 comme faible, de 0.5 à 0.8 comme moyen, et > 0.8 comme important. Les analyses statistiques ont été réalisées sur le logiciel STATA, version 13.1 (StataCorp LP, College Station, Texas, USA)

Résultats

Caractéristiques des patients

Le tableau 11 résume les caractéristiques des participants sains et des patients à l'inclusion, en préopératoire et à un an après la chirurgie pour les patients, selon leur groupe d'IMC. Les groupes étaient comparables sur les données épidémiologiques.

| | GC | <25 | 25 - 29.9 | 30 -34.9 | ≥ 35 | BMI <30 | BMI ≥30 |
|----------------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------------|-------------------|
| Nombre | 32 | 16 | 29 | 18 | 16 | 45 | 34 |
| Femmes (%) | 16 (50) | 10 (63) | 17 (58) | 12 (67) | 12 (75) | 27 (60) | 24 (70.5) |
| Age, moy (SD) | 66.1 (7.7) | 68.1 (7.8) | 70.3 (6.4) | 66.9 (6.8) | 67.2 (9.1) | 69.5 (6.9) | 67.0 (7.8) |
| IMC, moy (SD) | 29.8 (6.3) | 23.7 (1.1) | 27.8 (1.2) | 32.1 (1.8) | 39.0 (2.4) | 26.4 (2.3) | 35.4 (4.0) |
| AFTI (%) | NA | 14 (87.5) | 28 (96.5) | 17 (94.4) | 16 (100) | 42 (93.3) | 33 (97) |
| ASA score (%) | | | | | | | |
| 1 - 2 | NA | 16 (100) | 28 (96.5) | 18 (100) | 14 (87.5) | 44 (97.7) | 32 (94.1) |
| 3 - 4 | NA | 0 (0) | 1 (3.4) | 0 (0) | 2 (12.5) | 1 (2.2) | 2 (5.8) |

Tableau 11 : Caractéristiques de base (moyenne et écart-type (SD)) pour les quatre d'IMC puis pour les 2 groupes (obèses/non obèses) (en gras). IMC = indice de masse corporelle.

Données cinématiques

En préopératoire, la vitesse de marche et l'amplitude en flexion étaient significativement plus faibles dans le groupe obèses comparativement au groupe non obèses (Tableau 12). A un an postopératoire, la vitesse de marche et l'amplitude en flexion s'amélioraient significativement dans les 2 groupes et il n'existait pas de différence entre les gains pour les 2 groupes.

La cinématique du genou (en préopératoire et à un an postopératoire) dans le plan sagittal sont illustré dans la figure 7 selon les 4 sous-groupes d'IMC puis selon les 2 groupes retenus.

De la même manière, la vitesse de marche était significativement plus faible chez les patients comparativement aux participants sains, en préopératoire et à un an postopératoire (En préopératoire $IMC < 30$: 1.11 ± 0.18 m/s vs. Participants sains : 1.42 ± 0.22 m/s, taille de l'effet, 1.57; $p < 0.001$ $IMC \geq 30$: 0.99 ± 0.27 m/s vs. Participants sains : 1.41 ± 0.22 m/s, taille de l'effet, 1.74; $p < 0.001$; A un an post-opératoire : $IMC < 30$: 1.24 ± 0.16 m/s vs. Participants sains : 1.41 ± 0.22 m/s, taille de l'effet, 0.97; $p < 0.001$ and $IMC \geq 30$: 1.08 ± 0.28 m/s vs. Participants sains : 1.41 ± 0.22 m/s, taille de l'effet, 1.34; $p < 0.001$). La figure 8 illustre l'association négative qui existe entre la vitesse de la marche et l'amplitude en flexion avec l'IMC, là encore en préopératoire et à un an post-opératoire

| Classes d'IMC | | | | | |
|--|---------------------------|---------------|---------------------------|---------------|------------------------|
| | IMC <30 n=45 | | IMC ≥30 n=34 | | IMC <30 vs. IMC ≥30 |
| | J0 vs 1an | | J0 vs 1an | | |
| Données biomécanique | moyenne (SD) | ES / p value | moyenne (SD) | ES / p value | ES / p value |
| Vitesse de marche (m/s) | | | | | |
| A l'inclusion | 1.11 (0.18) | 0.76 / <0.001 | 0.99 (0.27) | 0.32 / 0.018 | 0.53 / 0.021 |
| 1An post-opéroire | 1.24 (0.16) | | 1.08 (0.28) | | |
| Gain | 0.13 (95% CI 0.1 - 0.2) | | 0.08 (95% CI 0.02 - 0.2) | | 0.21 / 0.353 |
| Amplitude active à la marche en flexion-extension (°) | | | | | |
| A l'inclusion | 46.05 (8.39) | 0.42 / 0.007 | 41.33 (9.61) | 0.44 / 0.002 | 0.52 / 0.022 |
| 1An post-opéroire | 49.40 (7.22) | | 44.97 (6.62) | | |
| Gain | 3.35 (95% CI 0.9 - 5.8) | | 3.64 (95% CI 1.5 - 5.8) | | 0.04 / 0.860 |
| Données cliniques | | | | | |
| WOMAC pain score | | | | | |
| A l'inclusion | 50.4 (16.9) | 1.99 / <0.001 | 36.1 (14.0) | 3.01 / <0.001 | 0.90 / <0.001 |
| 1An post-opéroire | 82.7 (15.5) | | 80.7 (15.5) | | |
| Gain | 32.3 (95% CI 25.8 - 38.8) | | 44.5 (95% CI 37.9 - 51.2) | | 0.59 / 0.011 |
| WOMAC fonction | | | | | |
| A l'inclusion | 53.8 (18.3) | 1.58 / <0.001 | 39.8 (13.0) | 2.27 / <0.001 | 0.83 / <0.001 |
| 1An post-opéroire | 80.9 (15.7) | | 76.4 (18.7) | | |
| Gain | 27.1 (95% CI 20.7 - 33.5) | | 36.5 (95% CI 29.2 - 43.9) | | 0.44 / 0.055 |
| SF-12 mental | | | | | |
| A l'inclusion | 46.1 (9.9) | 0.32 / 0.038 | 43.7 (13.7) | 0.19 / 0.189 | 0.20 / 0.378 |
| 1An post-opéroire | 49.3 (10.0) | | 46.1 (12.3) | | |
| Gain | 3.1 (95% CI 0.17 - 6.1) | | 2.3 (95% CI -1.2 - 5.8) | | 0.08 / 0.717 |
| SF-12 physique | | | | | |
| A l'inclusion | 36.4 (7.4) | 1.17 / <0.001 | 33.5 (5.8) | 0.95 / <0.001 | 0.42 / 0.062 |
| 1An post-opéroire | 45.2 (7.6) | | 41.2 (9.8) | | |
| Gain | 8.8 (95% CI 5.9 - 11.7) | | 7.2 (95% CI 3.4 - 10.9) | | 0.15 / 0.481 |
| Douleur Genou (EVA) | | | | | |
| A l'inclusion | 3.5 (2.1) | 1.42 / <0.001 | 3.9 (2.4) | 1.37 / <0.001 | 0.18 / 0.353 |
| 1An post-opéroire | 0.9 (1.5) | | 0.98 (1.8) | | |
| Gain | -2.5 (95% CI -3.3 - -1.8) | | -3.0 (95% CI -4.1 - -2.0) | | 0.19 / 0.412 |

Tableau 12: Comparaison des résultats cinématiques et cliniques obtenus pour les deux groupes d'IMC au départ et un an après la chirurgie.

Gain = différence entre valeurs à un an et à l'inclusion. Western Ontario and McMaster Universities Arthritis Index. SF-12=Short-Form Health Survey, EVA = Échelle Visuelle Analogique

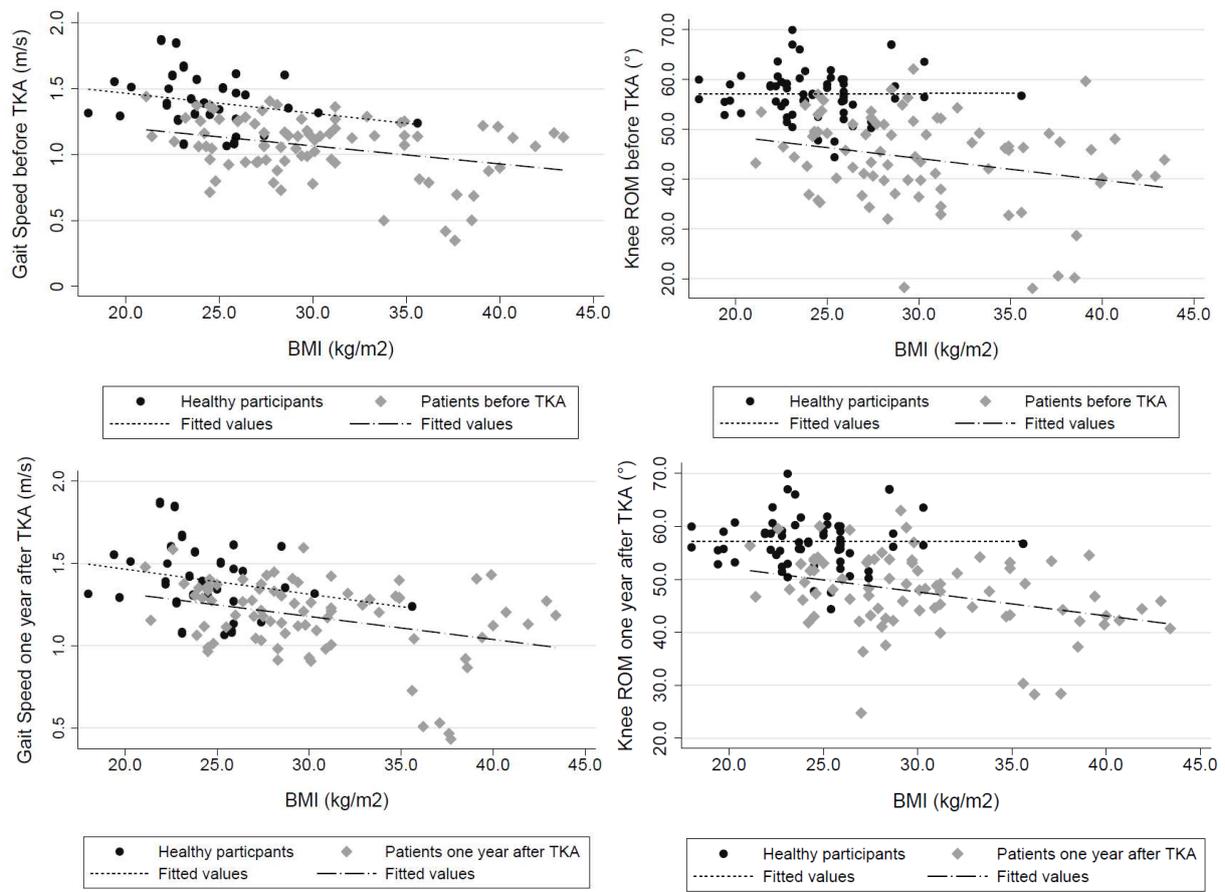


Figure 8 : Vitesse de marche (m / s) et indice de masse corporelle (IMC en kg / m²) avant et un an après arthroplastie totale du genou (PTG) et amplitude du mouvement du genou (ROM en degrés) dans le plan sagittal et indice de masse corporelle (IMC en kg / m²) avant et un an après l'arthroplastie totale du genou (PTG).

Résultats cliniques

En préopératoire, les patients obèses étaient plus symptomatiques que les non obèses, que ce soit pour le WOMAC douleur ou fonction (Tableau 12). Les 2 sous-groupes s'amélioraient significativement à un an post-opératoire pour la douleur, la fonction et la qualité de vie. Pour le WOMAC douleur le gain était significativement plus important dans le groupe obèses (gain IMC<30: 32.3 vs. IMC≥30 44.5, taille de l'effet, 0.59; p= 0.011).

Regressions linéaires univariées et multivariées

La régression linéaire univariée ne montrait pas d'association privilégiée entre IMC et gain de vitesse de marche ($r = -0.04$, 95% CI -0.12-0.04; $p = 0.353$) ou entre le gain d'amplitude en flexion et l'IMC ($r = 0.29$, 95% CI -3.00-3.59; $p = 0.861$) (Tableau 13). L'ajustement sur l'âge, le sexe et le gain de WOMAC douleur ne modifiait pas les résultats.

| Regression linéaires | Coefficient | | | Coefficient | | |
|--|-----------------|------------------|---------|-------------------|------------------|---------|
| | Modèle univarié | 95% CI | p-value | Modèle multivarié | 95% CI | p-value |
| Modèle pour gain - Vitesse de Marche | | | | | | |
| IMC (≥ 30) | -0.04 | [-0.12 - 0.04] | 0.353 | -0.07 | [-0.16 - 0.02] | 0.117 |
| Sexe (Femme = 1) | 0.04 | [-0.05 - 0.12] | 0.376 | 0.04 | [-0.03 - 0.14] | 0.238 |
| Age | 0 | [-0.007-0.04] | 0.509 | 0 | [-0.01- 0.003] | 0.336 |
| Gain de WOMAC douleur | 0 | [-0.001 - 0.004] | 0.246 | 0 | [-0.001 - 0.004] | 0.135 |
| Modèle pour gain - Amplitude active de genou en flexion-extension | | | | | | |
| IMC (≥ 30) | 0.29 | [-3.00 – 3.59] | 0.861 | -0.26 | [-3.79 - 3.30] | 0.891 |
| Sexe (Femme = 1) | 1.77 | [-1.61 - 5.16] | 0.301 | 1.78 | [-1.72 -5.30] | 0.314 |
| Age | 0.01 | [-0.20 – 0.24] | 0.896 | 0 | [-0.23 – 0.23] | 0.982 |
| Gain de WOMAC douleur | 0.03 | [-0.05 - 0.10] | 0.479 | 0.02 | [-0.05 - 0.11] | 0.479 |

Tableau 13 : Gain en vitesse de marche et amplitude du mouvement du genou selon deux catégories d'indice de masse corporelle (IMC) ajustées selon le sexe, l'âge et l'amélioration du score WOMAC douleur (Western Ontario and McMaster Universities Arthritis Index)

Discussion

Cette étude montre que tous les patients améliorent leurs paramètres de marche (vitesse de marche et amplitude en flexion) et leurs scores cliniques à un an d'une PTG et cela quel que soit leur IMC. Ainsi l'obésité ne semble pas affecter la récupération fonctionnelle de la marche comme nous en faisons l'hypothèse, effectivement bien que les patients obèses soient plus symptomatiques avant la chirurgie, leur amélioration est comparable aux patients non obèses en termes de gain.

A notre connaissance aucune autre étude n'a encore évalué l'association entre l'IMC et les performances fonctionnelles lors de la marche en termes de vitesse de marche et d'amplitude en flexion un an après une PTG. Les précédentes études ayant exploré l'impact biomécanique après une PTG se sont concentrées sur l'évolution de ces paramètres de manière globale (sans

les stratifiés en fonction de l'IMC) durant différentes tâches à 3 mois, 6 mois, 1 an et à plus long terme en comparant les patients à un groupe contrôle sain [137, 138, 156, 157]. Dans ces différentes études les amplitudes à la marche du genou opéré et la vitesse de marche demeurent inférieures à celles d'une personne saine et ce quel que soit le suivi malgré des améliorations cliniques importantes sur les scores WOMAC douleur et fonction (avec des Effect size majeurs (>0.8)). La biomécanique normale du genou n'est pas totalement restaurée après une PTG [158]

En accord avec la littérature, à un an post-opératoire, nos patients ne récupéraient pas une fonction comparable aux sujets sains en termes de paramètres biomécaniques. Si tous les patients avaient des paramètres de marche altérés à l'inclusion, pour les patients obèses cette altération était significativement plus importante (Figure 7). Malgré une amélioration comparable entre les patients obèses et non-obèses à un an post-opératoire, les obèses conservaient un pattern de marche significativement plus altéré à un an post-opératoire que les non-obèses. Cette différence d'amplitude en flexion lors de la marche pourrait être due à la différence de vitesse de marche observée chez les patients avec un IMC élevé [119, 142]. En effet la proportion de patients obèses atteignant le seuil de vitesse de 1.3m/s (au-delà duquel la vitesse est considéré comme importante) est significativement plus faible que dans le groupe non-obèses [109, 159].

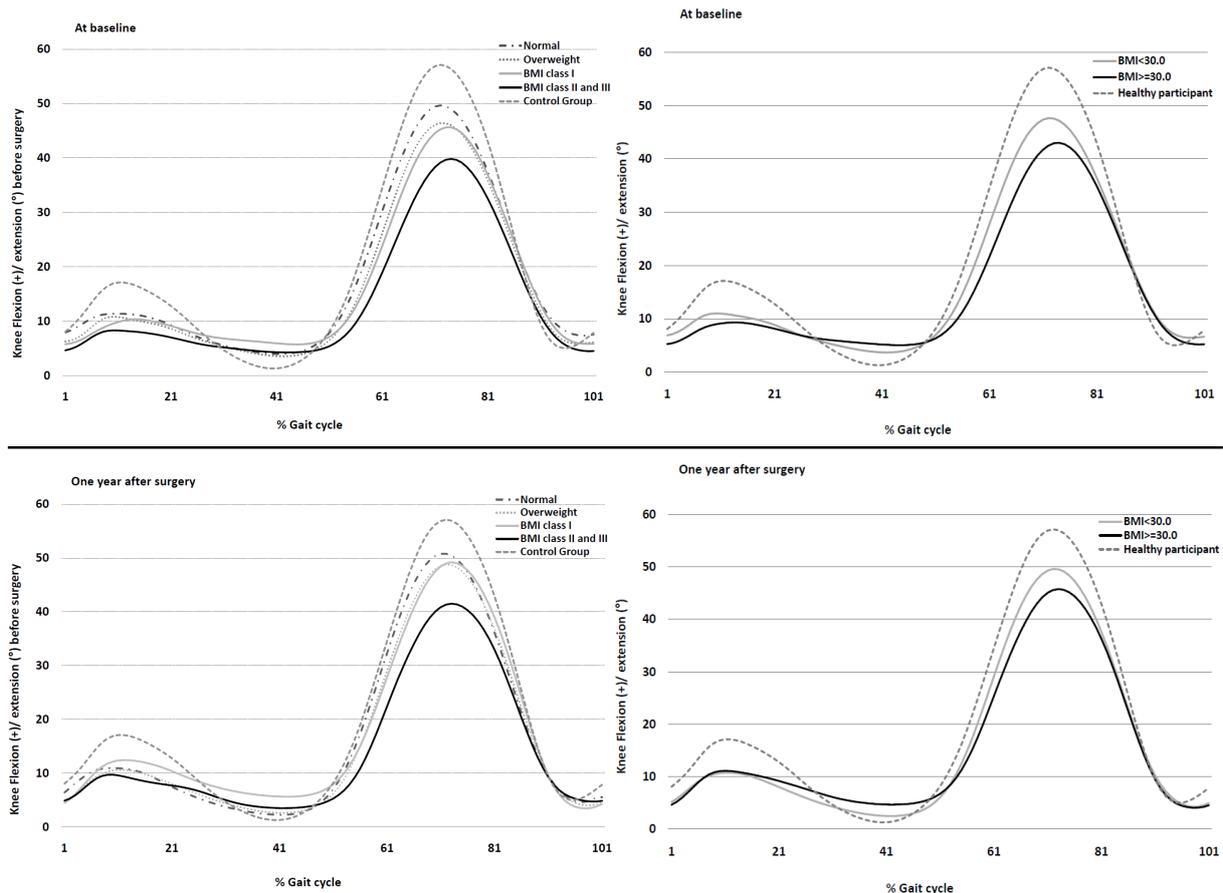


Figure 7 : Cinématique du genou dans le plan sagittal pendant le cycle de la marche (flexion / extension du genou) pour les groupes de patients en fonction de leur IMC au départ et un an après la chirurgie.

Cliniquement les études précédemment publiées retrouvent des résultats similaires aux nôtres [53, 61, 160]. Dans notre étude les patients obèses ont montré une amélioration du score WOMAC douleur plus importante que les non-obèses, alors que le gain de score WOMAC fonction était similaire entre les groupes. Ainsi le bénéfice clinique après une PTG semble comparable pour tous les patients quel que soit leur IMC. D'autres auteurs ont également montré que les patients obèses et obèses morbides présentaient une amélioration clinique comparable que les non-obèses à 3 ans de suivi [12]. Ainsi la récupération pourrait être ralentie chez les patients obèses morbides.

Notre étude comportait plusieurs limites. La première est la taille de notre échantillon, qui ne nous a pas permis de réaliser d'analyse en 4 sous-groupes selon les 4 classes d'IMC. Cela aurait été tout à fait pertinent d'examiner indépendamment les obèses de classe II et III. En effet de nombreuses études ont trouvé un haut taux de complications (infection, descellement, révision), avec des risques relatifs jusque 5 fois plus important pour ces patients avec un $IMC > 40 \text{ kg/m}^2$ [161, 162], avec des résultats cliniques plus faibles (WOMAC, amplitudes articulaires et score KSS) [163]. De plus la catégorisation des patients selon l'IMC a également des limites, puisque l'IMC ne tient pas compte des proportions de masse sèche et de masse grasse. Évidemment un ancien athlète ne présentera pas la même trajectoire de rééducation après une PTG qu'un patient avec une IMC élevée dû à un taux de masse grasse importante. Un autre biais potentiel est l'utilisation de différents implants dans notre étude avec 2 différentes techniques de pose et de nombreux chirurgiens (système de coupes dépendantes ou indépendantes). Néanmoins l'utilisation de différents implants avec différentes techniques ne montre pas de différence en termes d'amplitudes passives ou de paramètres de marche. Cela est d'ailleurs en accord avec les conclusions de la méta-analyse de Sosdian [158]. Enfin une dernière limitation est la potentielle imprécision des mesures due aux artéfacts cutanés lors du mouvement et aux difficultés de placement des marqueurs, ce qui est majoré, chez les patients obèses [161]. Ce biais potentiel est un problème commun à toutes les études utilisant l'analyse 3D de la marche chez les patients obèses, sans aucune alternative pour résoudre cela. En effet l'incidence de l'obésité chez les patients gonarthrosiques est importante. Cependant, Freedman retrouvait dans son étude des paramètres de marche, dans le plan sagittal, similaires entre les participants sains, en surpoids et obèses, tous les participants ne présentaient pas de douleur de genou, ni d'arthrose [142].

Conclusion

Pour conclure, nous avons exploré la relation entre l'IMC et les performances fonctionnelles lors de marche en terme d'amplitudes en flexion lors de la marche et de vitesse de marche avant et un an après PTG. Nos résultats confirment le bénéfice fonctionnel objectif de la PTG pour tous les patients quel que soit leur IMC, obèses ou non : tous les patients s'améliorent cliniquement et biomécaniquement. Cependant, en valeurs absolues, les patients obèses ne parviennent pas à un niveau de marche (vitesse et amplitude) comparable aux non-obèses et l'ensemble des patients demeure en dessous des participants sains.

V. Synthèse et conclusion

Si l'impact négatif de l'obésité sur le risque de complications après une arthroplastie totale de hanche ou de genou ne fait plus débat dans la littérature comme nous l'avons rappelé dans la première partie de ce travail, il est nécessaire de replacer ce risque dans un contexte plus général. L'impact de l'obésité est aggravé par le fait que l'obésité est rarement un diagnostic isolé et tend à se regrouper avec d'autres comorbidités qui peuvent entraîner un risque accru comme le diabète sucré, la maladie coronarienne, l'hyperlipidémie, l'hypertension et l'apnée du sommeil. La majorité de la littérature actuelle rapporte une augmentation des complications péri-opératoires associées aux arthroplasties totales des articulations du membre inférieur chez les patients obèses.

Les avantages apportés par l'arthroplastie totale de hanche et de genou aux obèses, à savoir une diminution de la douleur et une amélioration de la fonction, doivent être mis en balance avec le risque accru de morbidité péri-opératoire. Cette balance bénéfice/risque doit diriger l'indication opératoire et l'information du patient. La prise en charge doit inclure une évaluation nutritionnelle préopératoire afin d'envisager une perte de poids si cela est possible et la mise en place de règles hygiéno-diététiques adaptées y compris pour les patients pour lesquels une indication opératoire est retenue, afin d'en optimiser les résultats.

Comme nous le rappelions en préambule d'ici 2030, la demande d'arthroplasties primaires de hanche devrait progresser très fortement et plus encore pour la demande d'arthroplasties primaires du genou dans les pays développés et ce quel que soit les projections [1, 3, 3–5]. Compte tenu de la prévalence de l'obésité, un pourcentage important de ces cas sera chez des patients n'ayant pas un IMC normal, ce qui est d'ailleurs retrouvé dans certaines projections

par classes de BMI [5]. La prévalence de l'obésité ne devrait pas diminuer et il est probable qu'elle contribuera à la demande croissante d'arthroplasties de la hanche ou du genou.

Compte tenu de cet état de fait, et les risques majorés de complications péri-opératoires propres aux patients obèses étant pris en considération, notre objectif était de définir et d'évaluer l'impact de l'IMC et donc de l'obésité selon sa sévérité sur la récupération fonctionnelle des paramètres de marche après une prothèse totale de hanche ou de genou de première intention chez des patients arthrosiques.

Une revue de la littérature existante nous a montré que les résultats fonctionnels après une PTH ou une PTG étaient impactés par l'obésité et par l'obésité morbide bien que les patients semblent tirer un bénéfice fonctionnel très proche, voir identique, aux patients non obèses en termes d'amélioration ou de gain. Cette recherche bibliographique nous a également permis de nous assurer qu'il n'existait jusqu'alors aucune étude prospective ayant analysé de manière objective grâce à l'analyse quantifiée de la marche la récupération après PTH et PTG.

Ainsi nous avons réalisé les 2 études détaillées précédemment et il est tout à fait intéressant de remarquer que nos résultats que ce soit dans la série de PTH ou bien dans la série de PTG sont très proches. Effectivement nous retrouvons des patients obèses plus jeunes et plus symptomatiques en préopératoire que les patients non obèses. Tous les patients montrent une amélioration significative des paramètres biomécaniques de marche évalués (vitesse de marche et amplitudes actives à la marche dans le plan sagittal à la hanche et au genou) en post-opératoire quel que soit leur IMC. De même tous les patients qu'ils soient coxarthrosiques ou gonarthrosiques demeurent en dessous du groupe contrôle pour ces paramètres. Enfin

l'amélioration de ces paramètres en termes de gains ne diffère pas entre les obèses et les non-obèses dans les 2 cohortes.

Parallèlement à ces paramètres biomécaniques l'évaluation clinique de la fonction par des scores fonctionnels pour nos 2 cohortes nous montrent des résultats similaires aux paramètres biomécaniques en termes de scores brutes et de gains entre les populations obèses et non obèses. Avec une amélioration fonctionnelle majeure des patients (les effect size sont largement supérieur à 0,8 pour quasiment tous les scores évalués et les pourcentages de patients dépassant les PASS (PASS HOOS, PASS EVA) sont très satisfaisants.) indépendamment de leur IMC.

Nous pouvons remarquer qu'entre nos 2 cohortes la vitesse de marche semble différentes, bien que les patients marchent à vitesse libre pendant les évaluations. Les patients inclus dans la cohorte de PTH sont plus lents que les patients de la cohorte PTG. Il n'a d'ailleurs pas été possible de réaliser d'évaluation du nombre de patient dépassant le seuil de vitesse de marche de 1,3m/s décrit par Foucher [109] pour notre cohorte de PTH. Cela nous pousse à nous interroger sur la reproductibilité inter-laboratoires de ces données et de ces valeurs seuils qui pourtant constitue un outil extrêmement utile.

Ainsi à 6 mois et 1 an post-opératoire il apparait que l'impact de l'obésité sur la récupération des paramètres de marche est proche après une PTH et après une PTG. L'obésité en tant que facteur indépendant ne doit pas constituer une contre-indication à la réalisation d'une PTH ou d'une PTG.

VI. Perspectives

Ce travail soulève différentes interrogations qui laisse ainsi se dessiner des perspectives de recherche pour le futur.

Tout d'abord nous souhaitons terminer puis publier la méta-analyse débutée afin de pouvoir évaluer au mieux l'effet de l'IMC en fonction de la sévérité de l'obésité et du suivi après PTH et PTG. Cette analyse est en cours et devrait aboutir d'ici peu.

En réalisant justement cette revue de littérature il est apparu que l'effet de l'obésité après PTG à long terme (plus de 5 ans) semble encore sujet à controverses quoique plusieurs études montrent une altération des résultats fonctionnels significativement plus importante pour les obèses, y compris lorsque ces résultats étaient proches de ceux des patients non obèses à une période de suivi plus court. Il serait donc tout à fait pertinent de réitérer une analyse quantifiée de la marche après 5 ans de suivi pour ces patients afin de pouvoir juger de la dégradation objective des paramètres de marche ou non à long terme.

Lors de ce travail nous avons d'ailleurs pu appréhender plus précisément l'apport de l'analyse quantifiée de la marche dans le suivi de cohortes de patients opérés. Et si pour une évaluation d'un individu en particulier une analyse complète et détaillée est nécessaire nous pouvons nous interroger sur la pertinence et l'intérêt de scores composites pour le suivi de cohorte de patients arthrosiques ou porteurs de prothèses des membres inférieurs tel que le Gait Profile Score (GPS) et le MAP (Movement Analysis Profile) décrits par Baker [164]. Un auteur a déjà débuter d'appliquer ce type de scores à une cohorte de patients porteurs de PTH [165]. Le

développement de ce type d'outils pourrait permettre de rendre l'analyse de la marche plus facile d'accès au clinicien tout en apportant des informations pertinentes et objectives.

Une autre solution afin de démocratiser et d'étendre l'analyse du mouvement en chirurgie orthopédique repose probablement sur l'utilisation de nouveaux instruments de mesure tel que le KneeKG par exemple qui est d'ores et déjà largement utilisé par différentes équipes de chercheurs et de cliniciens[166].

Enfin notre travail nous a également sensibilisé quant à l'intérêt de réaliser des études sur les patients présentant une obésité morbide. Toutefois chez ces patients la difficulté pour obtenir des données fiables et exploitables est double, tout d'abord ils sont peu nombreux ensuite l'analyse du mouvement chez ces patients est difficile et source d'erreur comme nous le rappelions précédemment.

VII. Références

1. Kurtz S, Ong K, Lau E, et al (2007) Projections of primary and revision hip and knee arthroplasty in the United States from 2005 to 2030. *J Bone Joint Surg Am* 89:780–785 . doi: 10.2106/JBJS.F.00222
2. Otten R, van Roermund PM, Picavet HSJ (2010) [Trends in the number of knee and hip arthroplasties: considerably more knee and hip prostheses due to osteoarthritis in 2030]. *Ned Tijdschr Geneesk* 154:A1534
3. Inacio MCS, Paxton EW, Graves SE, et al (2017) Projected increase in total knee arthroplasty in the United States - an alternative projection model. *Osteoarthritis Cartilage* 25:1797–1803 . doi: 10.1016/j.joca.2017.07.022
4. Kurtz SM, Ong KL, Lau E, Bozic KJ (2014) Impact of the economic downturn on total joint replacement demand in the United States: updated projections to 2021. *J Bone Joint Surg Am* 96:624–630 . doi: 10.2106/JBJS.M.00285
5. Culliford D, Maskell J, Judge A, et al (2015) Future projections of total hip and knee arthroplasty in the UK: results from the UK Clinical Practice Research Datalink. *Osteoarthritis Cartilage* 23:594–600 . doi: 10.1016/j.joca.2014.12.022
6. WHO Expert Committee (1995) WHO | Physical status: the use and interpretation of anthropometry. Geneva, Switzerland
7. Kerkhoffs GMMJ, Servien E, Dunn W, et al (2012) The Influence of Obesity on the Complication Rate and Outcome of Total Knee Arthroplasty: A Meta-Analysis and Systematic Literature Review. *J Bone Jt Surg Am* 94:1839 . doi: 10.2106/JBJS.K.00820
8. Finucane MM, Stevens GA, Cowan M, et al (2011) National, regional, and global trends in body mass index since 1980: Systematic analysis of health examination surveys and epidemiological studies with 960 country-years and 9.1 million participants. *Lancet Lond Engl* 377:557–567 . doi: 10.1016/S0140-6736(10)62037-5
9. Ackerman I.N., Osborne R.H. (2011) A population-based approach to establishing the national burden of severe hip and knee osteoarthritis in Australia. *Arthritis Rheum* 63:
10. Naziri Q, Issa K, Malkani AL, et al (2013) Bariatric Orthopaedics: Total Knee Arthroplasty in Super-obese Patients (BMI > 50 kg/m²). Survivorship and Complications. *Clin Orthop Relat Res* 471:3523–3530 . doi: 10.1007/s11999-013-3154-9
11. McLawhorn AS, Steinhaus ME, Southren DL, et al (2017) Body Mass Index Class Is Independently Associated With Health-Related Quality of Life After Primary Total Hip Arthroplasty: An Institutional Registry-Based Study. *J Arthroplasty* 32:143–149 . doi: 10.1016/j.arth.2016.06.043
12. Jones CA, Cox V, Jhangri GS, Suarez-Almazor ME (2012) Delineating the impact of obesity and its relationship on recovery after total joint arthroplasties. *Osteoarthr Cartil OARS Osteoarthr Res Soc* 20:511–518 . doi: 10.1016/j.joca.2012.02.637
13. Lübbeke A, Stern R, Garavaglia G, et al (2007) Differences in outcomes of obese women and men undergoing primary total hip arthroplasty. *Arthritis Rheum* 57:327–334 . doi: 10.1002/art.22542
14. McCalden RW, Charron KD, MacDonald SJ, et al (2011) Does morbid obesity affect the outcome of total hip replacement?: an analysis of 3290 THRs. *J Bone Joint Surg Br* 93:321–325 . doi: 10.1302/0301-620X.93B3.25876

15. Amin AK, Patton JT, Cook RE, Brenkel IJ (2006) Does obesity influence the clinical outcome at five years following total knee replacement for osteoarthritis? *J Bone Joint Surg Br* 88:335–340 . doi: 10.1302/0301-620X.88B3.16488
16. Collins JE, Donnell-Fink LA, Yang HY, et al (2017) Effect of Obesity on Pain and Functional Recovery Following Total Knee Arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am* 99:1812–1818 . doi: 10.2106/JBJS.17.00022
17. Ji Y-B, Wang C-Y, Wang X-N, Jin H (2017) Evaluating the effect of obesity on total knee arthroplasty: A longitudinal study. *JPMA J Pak Med Assoc* 67:3–6
18. Li W, Ayers DC, Lewis CG, et al (2017) Functional Gain and Pain Relief After Total Joint Replacement According to Obesity Status. *J Bone Joint Surg Am* 99:1183–1189 . doi: 10.2106/JBJS.16.00960
19. Núñez M, Lozano L, Núñez E, et al (2011) Good quality of life in severely obese total knee replacement patients: a case-control study. *Obes Surg* 21:1203–1208 . doi: 10.1007/s11695-010-0197-9
20. Baker P, Muthumayandi K, Gerrand C, et al (2013) Influence of body mass index (BMI) on functional improvements at 3 years following total knee replacement: a retrospective cohort study. *PloS One* 8:e59079 . doi: 10.1371/journal.pone.0059079
21. Bonnefoy-Mazure A, Martz P, Armand S, et al (2017) Influence of Body Mass Index on Sagittal Knee Range of Motion and Gait Speed Recovery 1-Year After Total Knee Arthroplasty. *J Arthroplasty* 32:2404–2410 . doi: 10.1016/j.arth.2017.03.008
22. Napier RJ, O'Brien S, Bennett D, et al (2014) Intra-operative and short term outcome of total knee arthroplasty in morbidly obese patients. *The Knee* 21:784–788 . doi: 10.1016/j.knee.2014.02.016
23. Hamoui N, Kantor S, Vince K, Crookes PF (2006) Long-term Outcome of Total Knee Replacement: Does Obesity Matter? *Obes Surg* 16:35–38 . doi: 10.1381/096089206775222140
24. Järvenpää J, Kettunen J, Soininvaara T, et al (2012) Obesity has a negative impact on clinical outcome after total knee arthroplasty. *Scand J Surg* 101:198–203
25. Andrew JG, Palan J, Kurup HV, et al (2008) Obesity in total hip replacement. *J Bone Joint Surg Br* 90:424–429 . doi: 10.1302/0301-620X.90B4.20522
26. Amin AK, Clayton R a. E, Patton JT, et al (2006) Total knee replacement in morbidly obese patients. Results of a prospective, matched study. *J Bone Joint Surg Br* 88:1321–1326 . doi: 10.1302/0301-620X.88B10.17697
27. Goh GS-H, Liow MHL, Mitra AK (2015) Outcome following total knee arthroplasty in obese versus non-obese Asian patients. *J Orthop Surg Hong Kong* 23:294–297 . doi: 10.1177/230949901502300306
28. Kim Y-H, Park J-W, Kim J-S (2014) Outcome of an ultrashort metaphyseal-fitting anatomic cementless stem in highly active obese and non-obese patients. *Int Orthop*. doi: 10.1007/s00264-014-2520-x
29. Kessler S, Käfer W (2007) Overweight and obesity: two predictors for worse early outcome in total hip replacement? *Obes Silver Spring Md* 15:2840–2845 . doi: 10.1038/oby.2007.337
30. Baker P, Petheram T, Jameson S, et al (2012) The association between body mass index and the outcomes of total knee arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am* 94:1501–1508 . doi: 10.2106/JBJS.K.01180

31. Tai SM, Imbuldeniya AM, Munir S, et al (2014) The effect of obesity on the clinical, functional and radiological outcome of cementless total hip replacement: a case-matched study with a minimum 10-year follow-up. *J Arthroplasty* 29:1758–1762 . doi: 10.1016/j.arth.2014.04.033
32. Jameson SS, Mason JM, Baker PN, et al (2014) The impact of body mass index on patient reported outcome measures (PROMs) and complications following primary hip arthroplasty. *J Arthroplasty* 29:1889–1898 . doi: 10.1016/j.arth.2014.05.019
33. Rajgopal V, Bourne RB, Chesworth BM, et al (2008) The impact of morbid obesity on patient outcomes after total knee arthroplasty. *J Arthroplasty* 23:795–800 . doi: 10.1016/j.arth.2007.08.005
34. Torres-Claramunt R, Hinarejos P, Leal-Blanquet J, et al (2016) Does Obesity Influence on the Functional Outcomes of a Total Knee Arthroplasty? *Obes Surg* 26:2989–2994 . doi: 10.1007/s11695-016-2233-x
35. Jackson MP, Sexton SA, Walter WL, et al (2009) The impact of obesity on the mid-term outcome of cementless total knee replacement. *J Bone Joint Surg Br* 91:1044–1048 . doi: 10.1302/0301-620X.91B8.22129
36. Chen JY, Lo NN, Chong HC, et al (2016) The influence of body mass index on functional outcome and quality of life after total knee arthroplasty. *Bone Jt J* 98-B:780–785 . doi: 10.1302/0301-620X.98B6.35709
37. Michalka PKR, Khan RJK, Scaddan MC, et al (2012) The influence of obesity on early outcomes in primary hip arthroplasty. *J Arthroplasty* 27:391–396 . doi: 10.1016/j.arth.2011.05.012
38. Bin Abd Razak HR, Tan HCA (2014) The use of pneumatic tourniquets is safe in Asians undergoing total knee arthroplasty without anticoagulation. *The Knee* 21:176–179 . doi: 10.1016/j.knee.2013.08.008
39. Chee YH, Teoh KH, Sabnis BM, et al (2010) Total hip replacement in morbidly obese patients with osteoarthritis: results of a prospectively matched study. *J Bone Joint Surg Br* 92:1066–1071 . doi: 10.1302/0301-620X.92B8.22764
40. Foran JRH, Mont MA, Rajadhyaksha AD, et al (2004) Total knee arthroplasty in obese patients: a comparison with a matched control group. *J Arthroplasty* 19:817–824
41. Kandil A, Novicoff WM, Browne JA (2013) Obesity and total joint arthroplasty: do patients lose weight following surgery? *Phys Sportsmed* 41:34–37 . doi: 10.3810/psm.2013.05.2010
42. Jassim SS, Douglas SL, Haddad FS (2014) Athletic activity after lower limb arthroplasty a systematic review of current evidence. *Bone Jt J* 96-B:923–927 . doi: 10.1302/0301-620X.96B7.31585
43. Sun K, Li H (2017) Body mass index as a predictor of outcome in total knee replace: A systemic review and meta-analysis. *The Knee* 24:917–924 . doi: 10.1016/j.knee.2017.05.022
44. Hofstede SN, Gademan MGJ, Stijnen T, et al (2018) The influence of preoperative determinants on quality of life, functioning and pain after total knee and hip replacement: a pooled analysis of Dutch cohorts. *BMC Musculoskelet Disord* 19: . doi: 10.1186/s12891-018-1991-0
45. Rodriguez-Merchan EC (2014) The Influence of Obesity on the Outcome of TKR: Can the Impact of Obesity be justified from the Viewpoint of the Overall Health Care System? *HSS*

- J Musculoskelet J Hosp Spec Surg 10:167–170 . doi: 10.1007/s11420-014-9385-9
46. Pozzobon D, Ferreira PH, Blyth FM, et al (2018) Can obesity and physical activity predict outcomes of elective knee or hip surgery due to osteoarthritis? A meta-analysis of cohort studies. *BMJ Open* 8: . doi: 10.1136/bmjopen-2017-017689
 47. Vaishya R, Vijay V, Wamae D, Agarwal AK Is Total Knee Replacement Justified in the Morbidly Obese? A Systematic Review. *Cureus* 8: . doi: 10.7759/cureus.804
 48. Gillespie GN, Porteous AJ (2007) Obesity and knee arthroplasty. *The Knee* 14:81–86 . doi: 10.1016/j.knee.2006.11.004
 49. Vincent HK, Horodyski M, Gearen P, et al (2012) Obesity and long term functional outcomes following elective total hip replacement. *J Orthop Surg* 7:16 . doi: 10.1186/1749-799X-7-16
 50. Workgroup of the American Association of Hip and Knee Surgeons Evidence Based Committee (2013) Obesity and Total Joint Arthroplasty: A Literature Based Review. *J Arthroplasty* 28:714–721 . doi: 10.1016/j.arth.2013.02.011
 51. Salih S, Sutton P (2013) Obesity, knee osteoarthritis and knee arthroplasty: a review. *BMC Sports Sci Med Rehabil* 5:25 . doi: 10.1186/2052-1847-5-25
 52. Santaguida PL, Hawker GA, Hudak PL, et al (2008) Patient characteristics affecting the prognosis of total hip and knee joint arthroplasty: a systematic review. *Can J Surg* 51:428–436
 53. Rodriguez-Merchan EC (2015) Review article: Outcome of total knee arthroplasty in obese patients. *J Orthop Surg Hong Kong* 23:107–110 . doi: 10.1177/230949901502300124
 54. McElroy MJ, Pivec R, Issa K, et al (2013) The effects of obesity and morbid obesity on outcomes in TKA. *J Knee Surg* 26:83–88 . doi: 10.1055/s-0033-1341407
 55. Si H, Zeng Y, Shen B, et al (2014) The influence of body mass index on the outcomes of primary total knee arthroplasty. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 23:1824–1832 . doi: 10.1007/s00167-014-3301-1
 56. Liu W, Wahafu T, Cheng M, et al (2015) The influence of obesity on primary total hip arthroplasty outcomes: A meta-analysis of prospective cohort studies. *Orthop Traumatol Surg Res OTSR* 101:289–296 . doi: 10.1016/j.otsr.2015.01.011
 57. Martz P, Bourredjem A, Laroche D, et al (2017) Röttinger approach with dual-mobility cup to improve functional recovery in hip osteoarthritis patients: biomechanical and clinical follow-up. *Int Orthop* 41:461–467 . doi: 10.1007/s00264-016-3245-9
 58. Haverkamp D, Klinkenbijn MN, Somford MP, et al (2011) Obesity in total hip arthroplasty—does it really matter? *Acta Orthop* 82:417–422 . doi: 10.3109/17453674.2011.588859
 59. Dowsey MM, Choong PFM (2008) Early outcomes and complications following joint arthroplasty in obese patients: a review of the published reports. *ANZ J Surg* 78:439–444 . doi: 10.1111/j.1445-2197.2008.04554.x
 60. Samson AJ, Mercer GE, Campbell DG (2010) Total knee replacement in the morbidly obese: a literature review. *ANZ J Surg* 80:595–599 . doi: 10.1111/j.1445-2197.2010.05396.x
 61. Nuñez M, Lozano L, Nuñez E, et al (2011) Factors Influencing Health-related Quality of Life after TKA in Patients who are Obese. *Clin Orthop Relat Res* 469:1148–1153 . doi: 10.1007/s11999-010-1671-3
 62. Liberati A, Altman DG, Tetzlaff J, et al (2009) The PRISMA Statement for Reporting Systematic Reviews and Meta-Analyses of Studies That Evaluate Health Care Interventions:

Explanation and Elaboration. *PLOS Med* 6:e1000100 . doi: 10.1371/journal.pmed.1000100

63. Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, et al (2009) Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement. *PLOS Med* 6:e1000097 . doi: 10.1371/journal.pmed.1000097
64. Tacconelli E (2010) Systematic reviews: CRD's guidance for undertaking reviews in health care. *Lancet Infect Dis* 10:226 . doi: 10.1016/S1473-3099(10)70065-7
65. GA Wells, B Shea, D O'Connell, et al The Newcastle-Ottawa Scale (NOS) for assessing the quality of nonrandomised studies in meta-analyses. http://www.ohri.ca/programs/clinical_epidemiology/oxford.asp. Accessed 29 Jun 2018
66. Higgins J, Green S Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions | Cochrane Training. <http://handbook.cochrane.org>. Accessed 29 Jun 2018
67. Nunez M, Lozano L, Nunez E, et al (2011) Good quality of life in severely obese total knee replacement patients: a case-control study. *Obes Surg* 21:1203–1208 . doi: 10.1007/s11695-010-0197-9
68. Kim Y.-H., Park J.-W., Kim J.-S. (2015) Outcome of an ultrashort metaphyseal-fitting anatomic cementless stem in highly active obese and non-obese patients. *Int Orthop* 39:403–409
69. Kessler S, Kafer W (2007) Overweight and obesity: two predictors for worse early outcome in total hip replacement? *Obes Silver Spring Md* 15:2840–2845 . doi: 10.1038/oby.2007.337
70. Foran JRH, Mont MA, Etienne G, et al (2004) The outcome of total knee arthroplasty in obese patients. *J Bone Joint Surg Am* 86-A:1609–1615
71. Razak HRBA, Chong HC, Tan AHC (2013) Obesity Does Not Imply Poor Outcomes in Asians after Total Knee Arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res* 471:1957–1963 . doi: 10.1007/s11999-012-2721-9
72. Haverkamp D, Klinkenbijn MN, Somford MP, et al (2011) Obesity in total hip arthroplasty--does it really matter? A meta-analysis. *Acta Orthop* 82:417–422 . doi: 10.3109/17453674.2011.588859
73. Farizon F, de Lavison R, Azoulai JJ, Bousquet G (1998) Results with a cementless alumina-coated cup with dual mobility. *Int Orthop* 22:219–224 . doi: 10.1007/s002640050246
74. Wegrzyn J, Tebaa E, Jacquel A, et al Can Dual Mobility Cups prevent Dislocation in All Situations After Revision Total Hip Arthroplasty? *J Arthroplasty*. doi: 10.1016/j.arth.2014.10.034
75. Philippot R, Camilleri JP, Boyer B, et al (2009) The use of a dual-articulation acetabular cup system to prevent dislocation after primary total hip arthroplasty: analysis of 384 cases at a mean follow-up of 15 years. *Int Orthop* 33:927–932 . doi: 10.1007/s00264-008-0589-9
76. Bertin KC, Röttinger H (2004) Anterolateral mini-incision hip replacement surgery: a modified Watson-Jones approach. *Clin Orthop* 248–255
77. Kolk S, Minten MJM, van Bon GEA, et al (2014) Gait and gait-related activities of daily living after total hip arthroplasty: a systematic review. *Clin Biomech Bristol Avon* 29:705–718 . doi: 10.1016/j.clinbiomech.2014.05.008
78. Bierma-Zeinstra S, Bohnen A, Ginai A, et al (1999) Validity of American College of Rheumatology criteria for diagnosing hip osteoarthritis in primary care research. *J Rheumatol* 26:1129–1133

79. Moore AT (1957) The Self-Locking Metal Hip Prosthesis. *J Bone Jt Surg* 39:811–827
80. Ornetti P, Parratte S, Gossec L, et al (2010) Cross-cultural adaptation and validation of the French version of the Hip disability and Osteoarthritis Outcome Score (HOOS) in hip osteoarthritis patients. *Osteoarthritis Cartilage* 18:522–529 . doi: 10.1016/j.joca.2009.12.007
81. Tubach F (2005) Evaluation of clinically relevant states in patient reported outcomes in knee and hip osteoarthritis: the patient acceptable symptom state. *Ann Rheum Dis* 64:34–37 . doi: 10.1136/ard.2004.023028
82. Amlie E, Havelin LI, Furnes O, et al (2014) Worse patient-reported outcome after lateral approach than after anterior and posterolateral approach in primary hip arthroplasty. *Acta Orthop* 1–7 . doi: 10.3109/17453674.2014.934183
83. Mayr E, Nogler M, Benedetti M-G, et al (2009) A prospective randomized assessment of earlier functional recovery in THA patients treated by minimally invasive direct anterior approach: a gait analysis study. *Clin Biomech* 24:812–818
84. Nantel J, Termoz N, Vendittoli P-A, et al (2009) Gait Patterns After Total Hip Arthroplasty and Surface Replacement Arthroplasty. *Arch Phys Med Rehabil* 90:463–469 . doi: 10.1016/j.apmr.2008.08.215
85. Martin R, Clayson PE, Troussel S, et al (2011) Anterolateral minimally invasive total hip arthroplasty: a prospective randomized controlled study with a follow-up of 1 year. *J Arthroplasty* 26:1362–1372
86. Cheng T, Feng JG, Liu T, Zhang XL (2009) Minimally invasive total hip arthroplasty: a systematic review. *Int Orthop* 33:1473–1481 . doi: 10.1007/s00264-009-0743-z
87. Gofton W, Fitch DA (2016) In-hospital cost comparison between the standard lateral and supercapsular percutaneously-assisted total hip surgical techniques for total hip replacement. *Int Orthop* 40:481–485 . doi: 10.1007/s00264-015-2878-4
88. Newman EA, Holst DC, Bracey DN, et al (2015) Incidence of heterotopic ossification in direct anterior vs posterior approach to total hip arthroplasty: a retrospective radiographic review. *Int Orthop* 1–7 . doi: 10.1007/s00264-015-3048-4
89. Anta-Díaz BD, Serralta-Gomis J, Lizaur-Utrilla A, et al (2016) No differences between direct anterior and lateral approach for primary total hip arthroplasty related to muscle damage or functional outcome. *Int Orthop* 1–6 . doi: 10.1007/s00264-015-3108-9
90. Reichert JC, Volkmann MR, Koppmair M, et al (2015) Comparative retrospective study of the direct anterior and transgluteal approaches for primary total hip arthroplasty. *Int Orthop* 39:2309–2313 . doi: 10.1007/s00264-015-2732-8
91. Queen RM, Butler RJ, Watters TS, et al (2011) The effect of total hip arthroplasty surgical approach on postoperative gait mechanics. *J Arthroplasty* 26:66–71
92. Klausmeier V, Lugade V, Jewett BA, et al (2009) Is There Faster Recovery With an Anterior or Anterolateral THA? A Pilot Study. *Clin Orthop Relat Res* 468:533–541 . doi: 10.1007/s11999-009-1075-4
93. Foucher KC, Wimmer MA, Moisis KC, et al (2011) Time course and extent of functional recovery during the first postoperative year after minimally invasive total hip arthroplasty with two different surgical approaches—a randomized controlled trial. *J Biomech* 44:372–378
94. Lin D-H, Jan M-H, Liu T-K, et al (2007) Effects of anterolateral minimally invasive surgery in total hip arthroplasty on hip muscle strength, walking speed, and functional score. *J*

Arthroplasty 22:1187–1192

95. Ewen AM, Stewart S, St Clair Gibson A, et al (2012) Post-operative gait analysis in total hip replacement patients—A review of current literature and meta-analysis. *Gait Posture* 36:1–6 . doi: 10.1016/j.gaitpost.2011.12.024
96. Kobayashi H, Homma Y, Baba T, et al (2015) Surgeons changing the approach for total hip arthroplasty from posterior to direct anterior with fluoroscopy should consider potential excessive cup anteversion and flexion implantation of the stem in their early experience. *Int Orthop* 1–7 . doi: 10.1007/s00264-015-3059-1
97. Ji W, Stewart N (2016) Fluoroscopy assessment during anterior minimally invasive hip replacement is more accurate than with the posterior approach. *Int Orthop* 40:21–27 . doi: 10.1007/s00264-015-2803-x
98. Ackerman IN, Osborne RH (2012) Obesity and increased burden of hip and knee joint disease in Australia: Results from a national survey. *BMC Musculoskelet Disord* 13:254 . doi: 10.1186/1471-2474-13-254
99. Reyes C, Leyland KM, Peat G, et al (2016) Association between overweight and obesity and risk of clinically diagnosed knee, hip, and hand osteoarthritis: a population-based cohort study. *Arthritis Rheumatol Hoboken NJ* 68:1869–1875 . doi: 10.1002/art.39707
100. Jiang L, Rong J, Wang Y, et al (2011) The relationship between body mass index and hip osteoarthritis: A systematic review and meta-analysis. *Joint Bone Spine* 78:150–155 . doi: 10.1016/j.jbspin.2010.04.011
101. Kiadaliri AA, Lohmander LS, Moradi-Lakeh M, et al (2017) High and rising burden of hip and knee osteoarthritis in the Nordic region, 1990-2015. *Acta Orthop* 1–7 . doi: 10.1080/17453674.2017.1404791
102. Inacio MCS, Kritz-Silverstein D, Raman R, et al The Impact of Pre-Operative Weight Loss on Incidence of Surgical Site Infection and Readmission Rates After Total Joint Arthroplasty. *J Arthroplasty*. doi: 10.1016/j.arth.2013.07.030
103. Jackson MP, Sexton SA, Yeung E, et al (2009) The effect of obesity on the mid-term survival and clinical outcome of cementless total hip replacement. *J Bone Joint Surg Br* 91:1296–1300 . doi: 10.1302/0301-620X.91B10.22544
104. Liu W, Wahafu T, Cheng M, et al (2015) The influence of obesity on primary total hip arthroplasty outcomes: A meta-analysis of prospective cohort studies. *Orthop Traumatol Surg Res* 101:289–296 . doi: 10.1016/j.otsr.2015.01.011
105. Zhang J, Chen Z, Zheng J, et al (2015) Risk factors for venous thromboembolism after total hip and total knee arthroplasty: a meta-analysis. *Arch Orthop Trauma Surg* 135:759–772 . doi: 10.1007/s00402-015-2208-8
106. Goodnough LH, Finlay AK, Huddleston JI, et al (2017) Obesity Is Independently Associated With Early Aseptic Loosening in Primary Total Hip Arthroplasty. *J Arthroplasty*. doi: 10.1016/j.arth.2017.09.069
107. Behery OA, Foucher KC (2014) Are Harris Hip Scores and Gait Mechanics Related Before and After THA? *Clin Orthop* 472:3452–3461 . doi: 10.1007/s11999-014-3886-1
108. Judge A, Batra RN, Thomas GE, et al (2014) Body mass index is not a clinically meaningful predictor of patient reported outcomes of primary hip replacement surgery: prospective cohort study. *Osteoarthr Cartil OARS Osteoarthr Res Soc* 22:431–439 . doi: 10.1016/j.joca.2013.12.018

109. Foucher KC (2016) Identifying clinically meaningful benchmarks for gait improvement after total hip arthroplasty. *J Orthop Res* 34:88–96 . doi: 10.1002/jor.22996
110. Baker R, Leboeuf F, Reay J, Sangeux M (2018) The Conventional Gait Model - Success and Limitations. In: *Handbook of Human Motion*. Springer, Cham, pp 489–508
111. Zeni J, Richards J, Higginson JS (2008) Two simple methods for determining gait events during treadmill and overground walking using kinematic data. *Gait Posture* 27:710–714 . doi: 10.1016/j.gaitpost.2007.07.007
112. Barre A, Armand S (2014) Biomechanical ToolKit: Open-source framework to visualize and process biomechanical data. *Comput Methods Programs Biomed* 114:80–87 . doi: 10.1016/j.cmpb.2014.01.012
113. Kellgren JH, Lawrence JS (1957) Radiological Assessment of Osteo-Arthrosis. *Ann Rheum Dis* 16:494–502
114. Cohen J (1988) *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. L. Erlbaum Associates
115. Bennett D, Humphreys L, O'Brien S, et al (2008) Gait kinematics of age-stratified hip replacement patients—A large scale, long-term follow-up study. *Gait Posture* 28:194–200 . doi: 10.1016/j.gaitpost.2007.11.010
116. Bennett D, Ryan P, O'Brien S, Beverland DE (2017) Gait kinetics of total hip replacement patients-A large scale, long-term follow-up study. *Gait Posture* 53:173–178 . doi: 10.1016/j.gaitpost.2017.01.014
117. Beaulieu ML, Lamontagne M, Beaulé PE (2010) Lower limb biomechanics during gait do not return to normal following total hip arthroplasty. *Gait Posture* 32:269–273 . doi: 10.1016/j.gaitpost.2010.05.007
118. Foucher KC, Freels S (2015) Preoperative factors associated with postoperative gait kinematics and kinetics after total hip arthroplasty. *Osteoarthritis Cartilage* 23:1685–1694 . doi: 10.1016/j.joca.2015.05.005
119. Ko S, Stenholm S, Ferrucci L (2010) Characteristic Gait Patterns in Older Adults with Obesity - Results from the Baltimore Longitudinal Study of Aging. *J Biomech* 43:1104–1110 . doi: 10.1016/j.jbiomech.2009.12.004
120. Lübbecke A, Duc S, Garavaglia G, et al (2009) BMI and Severity of Clinical and Radiographic Signs of Hip Osteoarthritis. *Obesity*. doi: 10.1038/oby.2008.663
121. Camomilla V, Bonci T, Cappozzo A (2017) Soft tissue displacement over pelvic anatomical landmarks during 3-D hip movements. *J Biomech* 62:14–20 . doi: 10.1016/j.jbiomech.2017.01.013
122. Horsak B, Schwab C, Clemens C, et al (2018) Is the reliability of 3D kinematics of young obese participants dependent on the hip joint center localization method used? *Gait Posture* 59:65–70 . doi: 10.1016/j.gaitpost.2017.09.029
123. Runhaar J, Koes BW, Clockaerts S, Bierma-Zeinstra SMA (2011) A systematic review on changed biomechanics of lower extremities in obese individuals: a possible role in development of osteoarthritis. *Obes Rev Off J Int Assoc Study Obes* 12:1071–1082 . doi: 10.1111/j.1467-789X.2011.00916.x
124. Blagojevic M, Jinks C, Jeffery A, Jordan KP (2010) Risk factors for onset of osteoarthritis of the knee in older adults: a systematic review and meta-analysis. *Osteoarthritis Cartilage* 18:24–33 . doi: 10.1016/j.joca.2009.08.010

125. Lee R, Kean WF (2012) Obesity and knee osteoarthritis. *Inflammopharmacology* 20:53–58 . doi: 10.1007/s10787-011-0118-0
126. Salihu HM, Bonnema SM, Alio AP (2009) Obesity: What is an elderly population growing into? *Maturitas* 63:7–12 . doi: 10.1016/j.maturitas.2009.02.010
127. Sturmer T, Gunther KP, Brenner H (2000) Obesity, overweight and patterns of osteoarthritis: the Ulm Osteoarthritis Study. *J Clin Epidemiol* 53:307–313
128. Bourne R, Mukhi S, Zhu N, et al (2007) Role of obesity on the risk for total hip or knee arthroplasty. *Clin Orthop* 465:185–188 . doi: 10.1097/BLO.0b013e3181576035
129. Griffin TM, Guilak F (2005) The role of mechanical loading in the onset and progression of osteoarthritis. *Exerc Sport Sci Rev* 33:195–200
130. Vasarhelyi EM, MacDonald SJ (2012) The influence of obesity on total joint arthroplasty. *J Bone Joint Surg Br* 94:100–102 . doi: 10.1302/0301-620X.94B11.30619
131. Bohl DD, Samuel AM, Basques BA, et al (2016) How Much Do Adverse Event Rates Differ Between Primary and Revision Total Joint Arthroplasty? *J Arthroplasty* 31:596–602 . doi: 10.1016/j.arth.2015.09.033
132. Dewan A, Bertolusso R, Karastinos A, et al (2009) Implant Durability and Knee Function After Total Knee Arthroplasty in the Morbidly Obese Patient. *J Arthroplasty* 24:89-94.e3 . doi: 10.1016/j.arth.2009.04.024
133. Estes CS, Schmidt KJ, McLemore R, et al (2013) Effect of Body Mass Index on Limb Alignment After Total Knee Arthroplasty. *J Arthroplasty* 28:101–105 . doi: 10.1016/j.arth.2013.02.038
134. Cheah MH, Kam PCA (2005) Obesity: basic science and medical aspects relevant to anaesthetists. *Anaesthesia* 60:1009–1021 . doi: 10.1111/j.1365-2044.2005.04229.x
135. Devers BN, Conditt MA, Jamieson ML, et al (2011) Does greater knee flexion increase patient function and satisfaction after total knee arthroplasty? *J Arthroplasty* 26:178–186 . doi: 10.1016/j.arth.2010.02.008
136. Bonnefoy-Mazure A, Armand S, Sagawa Y, et al (2017) Knee Kinematic and Clinical Outcomes Evolution Before, 3 Months, and 1 Year After Total Knee Arthroplasty. *J Arthroplasty* 32:793–800 . doi: 10.1016/j.arth.2016.03.050
137. Levinger P, Menz HB, Morrow AD, et al (2013) Lower limb biomechanics in individuals with knee osteoarthritis before and after total knee arthroplasty surgery. *J Arthroplasty* 28:994–999 . doi: 10.1016/j.arth.2012.10.018
138. McClelland JA, Webster KE, Feller JA, Menz HB (2011) Knee kinematics during walking at different speeds in people who have undergone total knee replacement. *The Knee* 18:151–155 . doi: 10.1016/j.knee.2010.04.005
139. Naili JE, Iversen MD, Esbjörnsson A-C, et al (2017) Deficits in functional performance and gait one year after total knee arthroplasty despite improved self-reported function. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 25:3378–3386 . doi: 10.1007/s00167-016-4234-7
140. Bonnefoy-Mazure A, Armand S, Sagawa Junior Y, et al (2015) Evolution of knee kinematics three months after total knee replacement. *Gait Posture* 41:624–629 . doi: 10.1016/j.gaitpost.2015.01.010
141. Harding GT, Hubley-Kozey CL, Dunbar MJ, et al (2012) Body mass index affects knee joint mechanics during gait differently with and without moderate knee osteoarthritis. *Osteoarthr Cartil OARS Osteoarthr Res Soc* 20:1234–1242 . doi: 10.1016/j.joca.2012.08.004

142. Freedman Silvernail J, Milner CE, Thompson D, et al (2013) The influence of body mass index and velocity on knee biomechanics during walking. *Gait Posture* 37:575–579 . doi: 10.1016/j.gaitpost.2012.09.016
143. Ko S, Ling SM, Schreiber C, et al (2011) Gait Patterns during Different Walking Conditions in Older Adults with and without Knee Osteoarthritis - Results from the Baltimore Longitudinal Study of Aging. *Gait Posture* 33:205–210 . doi: 10.1016/j.gaitpost.2010.11.006
144. Liljensoe A., Lauersen J.O., Soballe K., Mechlenburg I. (2013) Overweight preoperatively impairs clinical outcome after knee arthroplasty. *Acta Orthop* 84:392–397
145. Singh JA, Gabriel SE, Lewallen DG (2011) Higher Body Mass Index Is Not Associated With Worse Pain Outcomes After Primary or Revision Total Knee Arthroplasty. *J Arthroplasty* 26:366–374.e1 . doi: 10.1016/j.arth.2010.02.006
146. Mulhall KJ, Ghomrawi HM, Mihalko W, et al (2007) Adverse effects of increased body mass index and weight on survivorship of total knee arthroplasty and subsequent outcomes of revision TKA. *J Knee Surg* 20:199–204
147. Stevens-Lapsley JE, Petterson SC, Mizner RL, Snyder-Mackler L (2010) Impact of body mass index on functional performance after total knee arthroplasty. *J Arthroplasty* 25:1104–1109 . doi: 10.1016/j.arth.2009.08.009
148. Gadinsky NE, Ehrhardt JK, Urband C, Westrich GH (2011) Effect of Body Mass Index on Range of Motion and Manipulation After Total Knee Arthroplasty. *J Arthroplasty* 26:1194–1197 . doi: 10.1016/j.arth.2010.12.004
149. WHO Expert Committee (2000) WHO | Obesity: preventing and managing the global epidemic. Geneva, Switzerland
150. Mak PHK, Campbell RCH, Irwin MG, American Society of Anesthesiologists (2002) The ASA Physical Status Classification: inter-observer consistency. *American Society of Anesthesiologists. Anaesth Intensive Care* 30:633–640
151. Davids JR, Ounpuu S, DeLuca PA, Davis RB (2004) Optimization of walking ability of children with cerebral palsy. *Instr Course Lect* 53:511–522
152. Gutierrez-Farewik EM, Bartonek Å, Saraste H (2006) Comparison and evaluation of two common methods to measure center of mass displacement in three dimensions during gait. *Hum Mov Sci* 25:238–256 . doi: 10.1016/j.humov.2005.11.001
153. Whitehouse SL, Lingard EA, Katz JN, Learmonth ID (2003) Development and testing of a reduced WOMAC function scale. *J Bone Joint Surg Br* 85:706–711
154. Ware J, Kosinski M, Keller SD (1996) A 12-Item Short-Form Health Survey: construction of scales and preliminary tests of reliability and validity. *Med Care* 34:220–233
155. Jensen MP, Chen C, Brugger AM (2003) Interpretation of visual analog scale ratings and change scores: a reanalysis of two clinical trials of postoperative pain. *J Pain Off J Am Pain Soc* 4:407–414
156. Leffler J, Scheys L, Planté-Bordeneuve T, et al (2012) Joint kinematics following bi-compartmental knee replacement during daily life motor tasks. *Gait Posture* 36:454–460 . doi: 10.1016/j.gaitpost.2012.04.008
157. Yoshida Y, Zeni J, Snyder-Mackler L (2012) Do patients achieve normal gait patterns 3 years after total knee arthroplasty? *J Orthop Sports Phys Ther* 42:1039–1049 . doi: 10.2519/jospt.2012.3763
158. Sossian L, Dobson F, Wrigley TV, et al (2014) Longitudinal changes in knee kinematics

- and moments following knee arthroplasty: A systematic review. *The Knee* 21:994–1008 . doi: 10.1016/j.knee.2014.09.009
159. Middleton A, Fritz SL, Lusardi M (2015) Walking Speed: The Functional Vital Sign. *J Aging Phys Act* 23:314–322 . doi: 10.1123/japa.2013-0236
160. Deshmukh RG, Hayes JH, Pinder IM (2002) Does body weight influence outcome after total knee arthroplasty? A 1-year analysis. *J Arthroplasty* 17:315–319 . doi: 10.1054/arth.2002.30776
161. Lai PPK, Leung AKL, Li ANM, Zhang M (2008) Three-dimensional gait analysis of obese adults. *Clin Biomech Bristol Avon* 23 Suppl 1:S2-6 . doi: 10.1016/j.clinbiomech.2008.02.004
162. Spicer DD, Pomeroy DL, Badenhausen WE, et al (2001) Body mass index as a predictor of outcome in total knee replacement. *Int Orthop* 25:246–249
163. Jarvenpaa J, Kettunen J, Soininvaara T, et al (2012) Obesity has a negative impact on clinical outcome after total knee arthroplasty. *Scand J Surg SJS Off Organ Finn Surg Soc Scand Surg Soc* 101:
164. Baker R, McGinley JL, Schwartz MH, et al (2009) The Gait Profile Score and Movement Analysis Profile. *Gait Posture* 30:265–269 . doi: 10.1016/j.gaitpost.2009.05.020
165. Jensen C., Rosenlund S., Nielsen D.B., et al (2014) Can gait deviation index be used effectively for the evaluation of gait pathology in total hip arthroplasty? an explorative randomized trial. *Osteoarthritis Cartilage* 22:S85–S86
166. Lustig S, Magnussen RA, Cheze L, Neyret P (2012) The KneeKG system: a review of the literature. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc Off J ESSKA* 20:633–638 . doi: 10.1007/s00167-011-1867-4

VIII. Annexes

Annexe 1 : Röttinger approach with dual-mobility cup to improve functional recovery in hip osteoarthritis patients: biomechanical and clinical follow-up. [57]

International Orthopaedics (SICOT) (2017) 41:461–467
DOI 10.1007/s00264-016-3245-9



ORIGINAL PAPER

Röttinger approach with dual-mobility cup to improve functional recovery in hip osteoarthritis patients: biomechanical and clinical follow-up

Pierre Martz^{1,2} · Abderrahmane Bourredjem^{3,4} · Davy Laroche⁵ · Marc Arcens⁶ · Ludovic Labattut¹ · Christine Binquet^{3,4} · Jean-François Maillefert^{2,7} · Emmanuel Baulot^{1,2} · Paul Ornetti^{2,7}

Received: 9 February 2016 / Accepted: 15 June 2016 / Published online: 6 July 2016
© SICOT aisbl 2016

Abstract

Purpose We assumed that the combination of dual-mobility total hip arthroplasty (THA) using the minimally-invasive Röttinger anterolateral approach could guarantee hip stability with faster functional recovery. We objectively analyzed functional improvement after dual-mobility THA by quantitative gait analysis.

Methods We compared the results achieved following two different surgical approaches: Röttinger's versus Moore's approach (posterolateral approach). We included 70 patients in an open prospective single-centre study: 38 by Röttinger's approach (age = 67yo) and 32 by Moore's approach (age = 68yo). Clinical and biomechanical analysis (kinematic and

kinetic parameters of the hip) were conducted at the pre-operative period and at six months post-op

Results We found a significant improvement in all clinical scores and all biomechanical parameters but no difference was found between the two approaches. However, the study showed marked clinical, biomechanical and functional improvements for patients treated with dual-mobility THA for osteoarthritis without complete hip recovery compared with a control group.

Conclusions The combination of the Röttinger approach with a dual-mobility cup remains a valid choice for primary THA without functional advantage at midterm.

Keywords Arthroplasty · Gait analysis · Hip · Osteoarthritis · Minimal invasive surgery · Postural balance

Electronic supplementary material The online version of this article (doi:10.1007/s00264-016-3245-9) contains supplementary material, which is available to authorized users.

✉ Pierre Martz
martzpierre@icloud.com

¹ Department of Orthopaedic surgery, Dijon University hospital, 14 rue Paul Gaffarel, 21079 Dijon CEDEX, France

² Burgundy University, INSERM U1093, Dijon, France

³ Clinical Epidemiology unit, INSERM, CIC1432, Dijon, France

⁴ Clinical Investigation Center, Clinical Epidemiology/Clinical trials unit, Dijon University Hospital, Dijon, France

⁵ Plurithematic Unit, Technologic Investigation Platform, INSERM, CIC1432, Dijon, France

⁶ Geneva University Hospital, Genève, Suisse

⁷ Department of Rheumatology, Dijon University Hospital, Dijon, France

Introduction

The dual mobility cup designed by Gilles Bousquet in 1975 [1] is already widely used in revision total hip arthroplasty (THA) with excellent results in terms of dislocation rate [2], and it is an alternative in the primary surgical treatment of hip osteoarthritis (OA), as shown by their increasing use in Europe. The latest studies confirmed their benefits in terms of a low dislocation risk without increasing wear on the bearing surface even in primary surgery [3] and a better functional recovery. This advantage could be reinforced by the use of a muscle-sparing approach like the one described by Röttinger, a minimally-invasive antero-lateral approach which passes between the *fascia lata tensor* and the *gluteus medius* [4] (Figs. 1 and 2). Nonetheless, there are few studies in the literature to confirm this hypothesis and uncertainties remain about the benefits of the Röttinger approach compared with a reference posterior approach such as the Moore approach.

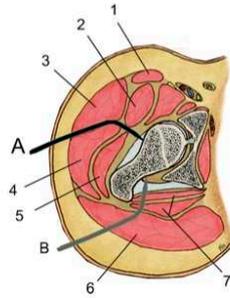


Fig. 1 Cross-section of the hip with the two different approaches: Röttinger approach (a) and Moore approach (b). 1: Sartorius, 2: Rectus femoris, 3: Tensor fascia lata, 4: Gluteus medius, 5: Gluteus minimus, 6: Gluteus maximus, 7: Hip external rotators

One of the difficulties of evaluating functional recovery after THA in hip OA lies in the fact that clinical assessments are mostly subjective. Thanks to improvements in quantified gait analysis, kinematic parameters (joint angles, gait speed, duration of stance, and double stance phase, etc.) can now be used as relevant outcome criteria to evaluate the functional benefits of THA [5]. To date, no studies using longitudinal clinical data and quantified gait analysis have investigated functional recovery in THA involving the combination of a dual-mobility device and an anterolateral minimally-invasive approach.

This prospective cohort study thus aimed to: 1) assess the functional benefit and safety in a cohort of hip OA patients with dual-mobility THA and 2) compare functional recovery

following two validated surgical approaches (Röttinger vs Moore approach) over six months using clinical and biomechanical parameters.

Materials and methods

Study design

Single-centre non-randomized cohort study (university hospital clinical research protocol (PHRC) named LOCOX 2 with clinical and biomechanical evaluations before and after THA (6 months)

Inclusion criteria

The inclusion criteria were as follows: men or women aged 40 to 85 years, presenting with unilateral symptomatic hip osteoarthritis, defined according to American College of Rheumatology criteria [6] with an indication for THA according to the surgeon. Patients had to be able to understand simple instructions and to have provided written informed consent. The radiological severity was assessed according to the Kellgren and Lawrence classification (stage 2, 3 or 4). Patients had to accept a standardized rehabilitation protocol in a specialized centre after THA (3 weeks)

Patients suffering from symptomatic lower limbs osteoarthritis or neuromuscular diseases that could interfere with gait analysis and patients who had already undergone lower-limb surgery were not included.

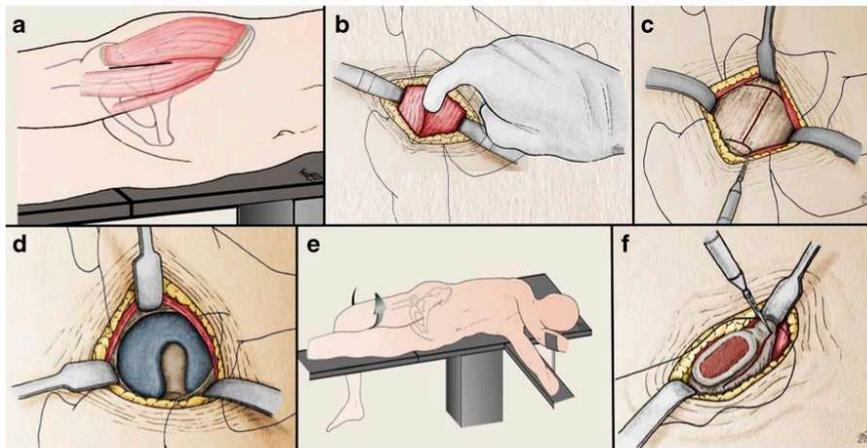


Fig. 2 Röttinger approach step by step. a: Incision line and the bony landmarks (Anterior Superior Iliac Spine, and the great trochanter). b: The muscular plane between the gluteus medius laterally and tensor fascia lata medially is developed with finger. c: Capsulotomy to access the femoral neck and perform the femoral cut. d: Visualization of the

acetabulum after removal of the femoral head. e: The operative extremity is placed in extension, adduction, and external rotation for femoral preparation. f: Visualization of the femoral neck's posterior insertions

The study protocol was approved by the local ethics committee (CPP Est 1, Dijon, France). It was conducted in accordance with the principles of good clinical practice and the declaration of Helsinki, and it is referenced in the clinical trials website: NCT02042586.

Distribution according to the surgical approach

The choice of the approach and the implant were dependent on the surgeon consulted by the patient (each surgeon exclusively used one of the two techniques) without selection or randomization of patients so as not to modify usual surgical practices. Patients were thus operated on by an orthopaedic surgeon experienced in one of the two approaches: posterolateral [7] (Moore) or minimally-invasive anterolateral (Rottinger). All of the implants were uncemented THA with a dual-mobility cup: Tregor® from Aston Medical (Saint Etienne, France) or Sunfit® (or Novae E®) from SERF (Decines, France) and femoral stems: Symetric® from Aston Medical or XO® from SEM (Montrouge, France). The operations were conducted in accordance with the reference operative techniques.

Clinical assessment

Demographic data (age, sex, body mass index), radiographic severity (on a plain radiograph of the pelvis), and the American Society of Anesthesiology (ASA) score were collected at baseline.

The algofunctional criteria were evaluated before the surgery (D0) and at six months (D180) using visual analogic scale (VAS) pain (a score of 1 to 4 indicates mild pain, a score of 5 to 6 indicates moderate pain and a score of 7 to 10 indicates severe pain), the five domains of HOOS (pain, symptoms, everyday activities, sports and leisure activities, quality of life) scored out of 100 [8] and the level of satisfaction by using the PASS (Patient Acceptable Symptom State) with cut-offs for VAS pain (VAS < 35) and HOOS function (HOOS function > 65) [9]. The following per-operative data were also collected: blood loss, incision length, and surgery duration.

Biomechanical evaluation

Quantified gait analyses were performed at D0 and D180 on a specific platform using the VICON system. Passive markers were placed on patient in accordance with the model defined by «plugin Gait» supplied with the Vicon® movement analysis system (Fig. 3). This system makes it possible to quantify movements of different segments and joints in all three dimensions for every joint of the lower limb. Data were recorded at a frequency of 100Hz. Gaps of less than 20 points were filled and data were then filtered with a Woltring filter, supplied with the acquisition equipment. For D0 and D180 evaluations,

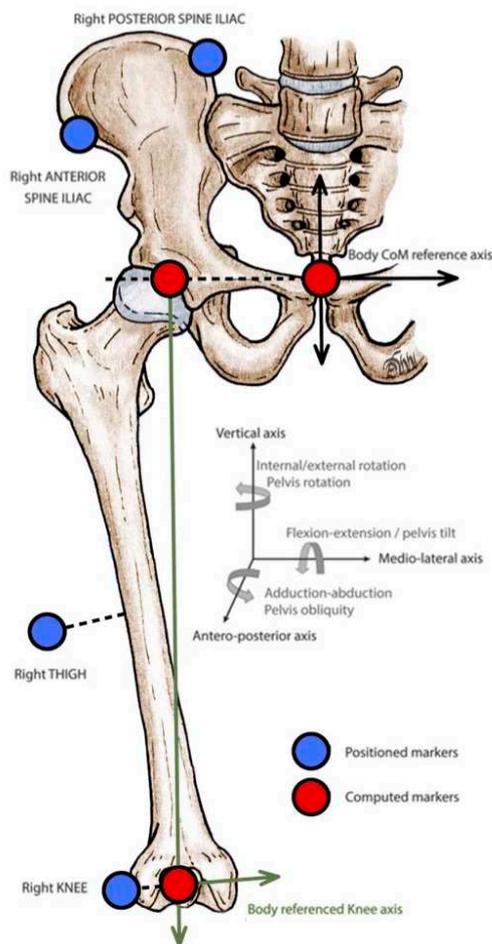


Fig. 3 Biomechanical set with placement of the markers for quantified gait analysis

patients carried out the test at their preferred walking speed as follows: walk bare-footed along the predetermined path (~6 m) marked in a corridor 15 times with eyes open.

The following parameters were recorded:

- Standard gait parameters: walking speed (m/s), stride length (m), step length (m), duration of double- and single-limb stance phases (% of the gait cycle).
- Range of motion of the hip in the sagittal (flexion-extension) and frontal plane (abduction-adduction)

A complete biomechanical analysis was performed in a control group of 61 healthy people with a mean age of 65.5

years (+/- 9.3) and a mean BMI of 25.17 kg/m² (+/- 3.8) using the same protocol.

Statistical analysis

Means and standard deviations (SD), ranges, medians, and inter-quartile intervals were calculated for baseline continuous demographic characteristics and per-operative data in both the control group and the two surgical approach groups. Frequencies and percentages were calculated for qualitative variables. The same description was done for baseline clinical and biomechanical data according to the surgical approach group. To identify potential confounding factors, all baseline data were compared between the two surgery approach groups using the Wilcoxon-Mann-Whitney test for quantitative variables or the Fisher exact test for qualitative variables.

The D180-D0 differences were calculated for clinical and biomechanical continuous variables. This was considered as dependent variables (outcomes). To assess the effect of the surgical approach on these outcomes, multivariate linear regression analysis was performed, adjusted for BMI and HOOS symptoms/stiffness. The same analysis was performed for the D180-D0 evolution of the PASS (HOOS function and VAS, positive versus negative for each one) using a logistic regression adjusted for BMI and HOOS symptoms/stiffness. Statistical significance was fixed at $p < 0.05$ (two-sided). All statistical analyses were carried out using SAS 9.4 software.

Results

Demographic and operative data

Seventy patients were included in this prospective cohort study, 38 in the Röttinger group and 32 in the Moore group. Demographic data are presented in Table 1, BMI was slightly but statistically different between the Röttinger and Moore groups (27.3 Kg/m² vs 28.8 kg/m², $p = 0.04$). The control group did not differ significantly from the cohort of patients in terms of age and sex.

Surgery duration was significantly longer and the incision significantly shorter in the Röttinger group. There was no significant difference between the two groups for blood loss or adverse events, with one adverse event in each group (one infection and one post-operative trochanter fracture).

Baseline clinical and biomechanical data were similar for the two groups except for the HOOS symptoms/stiffness, which was higher in the Moore's group: 48 +/- 16.6 vs 37 +/- 17.4, $p = 0.008$

All of the kinematic parameters were significantly higher in the control group (Fig. 4) (Online Resource 1-3).

Tables 2 and 3 summarize the clinical and kinematic outcomes at six months.

Functional gain at D180 (clinical and biomechanical data)

A significant improvement for all gait parameters was observed in this cohort of patients with dual-mobility cups ($p < 0.001$),

Table 1 Characteristics of patients at inclusion and per-operative data

| | Total cohort n = 70 | Röttinger group n = 38 | Moore Group n = 32 | p |
|--|------------------------|---------------------------|--------------------------|--------|
| Age (years; mean ± SD) | 67.4 (9.5) | 67 (9) | 68 (10.2) | 0.59 |
| Sex ratio (men/women) | 32/38 0.84 | 14/24 0.58 | 18/14 1.28 | 0.14 |
| BMI (kg/m ² ; mean ± SD) | 28 (4.7) | 27.3 (5) | 28.8 (4.3) | 0.04 |
| Kellgren and Lawrence radiographic stage | | | | 0.76 |
| Stage II (%) | 17 (24%) | 11 (29%) | 6 (19%) | |
| Stage III | 32 (46%) | 15 (39%) | 17 (53%) | |
| Stage IV | 21 (30%) | 12 (32%) | 9 (28%) | |
| ASA score | | | | 0.63 |
| I | 15 (21%) | 9 (24%) | 6 (19%) | |
| II | 51 (73%) | 26 (68%) | 25 (78%) | |
| III | 4 (6%) | 3 (8%) | 1 (3%) | |
| Surgery time (min; mean ± SD) | 70.6 (20.9) | 76 (23.4) | 64.3 (15.6) | 0.04 |
| Incision length (cm; mean ± SD) | 11.4 (2.3) | 10.4 (2.4) | 12.7 (1.6) | <0.001 |
| Blood loss (ml; mean ± SD) | 515 (289) | 518 (326) | 510 (242) | 0.72 |

BMI: Body mass index. *ASA score* (American Society of Anesthesiology Score): ASA Physical Status Classification System

Variables expressed as means per group with standard deviation and range between brackets when available

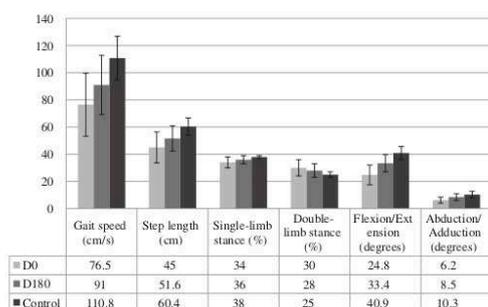


Fig. 4 Biomechanical effect of the THA in patients compared with the control group at D0 and D180. (For all the biomechanical parameters the p-values were <0.01 between D0 and D180, between the control group and D0 and between the control group and D180)

including spatiotemporal parameters and joint ROM. But the functional benefit at six months did not reach the normal value, as illustrated by the residual difference between patients and the control group (Fig. 4) (Online Resource 2 and 3).

Clinically, all patients had improved (VAS, PASS, and the five domains of the HOOS) significantly (p < 0.001) six months after dual-mobility cup THA, since 80% of patients reached the HOOS PASS (HOOS symptoms/stiffness > 65) and almost 90% reached the VAS PASS (VAS > 35) in both groups: 56 patients (80%) reached the HOOS PASS and 62 (89%) the VAS PASS (Online Resource 2 and 3).

Comparison between groups (Röttinger vs. Moore)

No difference in the clinical evolution at six months was detected between the two groups for the gait parameters and for the clinical scores.

Discussion

This study demonstrated for the first time the functional benefit of the dual-mobility cup in terms of kinematics and spatiotemporal parameters, associated with a clinical functional improvement. These data also suggest no difference between the surgical approaches (Röttinger vs. Moore) in this cohort of hip OA patients.

In terms of age, sex, BMI (overweight), comorbidities, radiological severity and clinical severity, this cohort was comparable to others described in the literature concerning surgical-stage hip osteoarthritis [10]. Given the strict exclusion criteria (no other disorders affecting the gait pattern), the anomalies detected by kinematic analysis can be put down to hip osteoarthritis and revealed severe gait impairment before surgery compared with healthy people. These findings are similar to those in other series of hip osteoarthritis patients [11]. The only difference seemed to be a longer double-limb stance duration in our cohort: 30% versus 27.3% for Mayr and 25% for Nantel [11, 12]. This may be due to differences in measurement methods, or to the older age of our cohort of patients, as double-limb stance duration increases with age. Concerning operative data (longer operation, smaller scar in the Röttinger group) the differences observed are similar to those reported in the literature. Martin [13] also reported longer surgery time for the minimally-invasive antero-lateral approach even though the difference tends to decrease with experience. The minimally-invasive nature of the Röttinger approach due to its intermuscular approach was associated with a shorter incision than that in the Moore approach.

Table 2 Comparison of clinical gains in Röttinger and Moore groups between D0 and D180 (Adjusted for BMI and HOOS symptoms/stiffness)

| | Röttinger (n = 38) | | Moore (n = 32) | | | | p |
|---------------------------|--------------------|-------------|----------------|-------------|-------------|-------------|------|
| | D0 | D180 | Δ (D180-D0) | D0 | D180 | Δ (D180-D0) | |
| VAS | 7.14 (1.7) | 1 (1.8) | 6.14 | 6.56 (1.8) | 1.25 (1.7) | 5.31 | 0.78 |
| PASS | | | | | | | |
| HOOS fct >65 | 1 (3%) | 31 (82%) | 30 (79%) | 2 (6%) | 25 (78%) | 23 (72%) | 0.93 |
| VAS < 35 | 2 (6%) | 33 (87%) | 31 (82%) | 2 (6%) | 29 (91%) | 27 (84%) | 0.60 |
| HOOS | | | | | | | |
| Symptoms/stiffness | 37 (17.4) | 84.2 (15.8) | 47.2 | 48 (16.6) | 85.2 (14.1) | 37.2 | 0.82 |
| Pain | 36.8 (15.6) | 86 (17) | 49.2 | 43.3 (16.7) | 86.9 (13.2) | 43.6 | 0.64 |
| Everyday activities | 35.6 (13.8) | 81.8 (17.9) | 46.2 | 42 (15.1) | 81.9 | 39.9 | 0.70 |
| Sports/leisure activities | 22.9 (18.2) | 70.7 (26) | 47.8 | 27.2 (17.7) | 71.3 (23.7) | 54.1 | 0.32 |
| Quality of life | 23.7 (20) | 80.9 (22.7) | 57.2 | 31.1 (19.7) | 87.1 (13.7) | 56 | 0.40 |
| Total | 31.1 (13.7) | 80.7 (18) | 49.6 | 38.3 (14.5) | 82.6 (12.6) | 44.3 | 0.46 |

VAS: Visual Analogue Scale. PASS: Patient Acceptable Symptom State. HOOS: Hip disability Osteoarthritis Outcome.

Variables expressed as means per group with standard deviation between brackets and range when available.

(p-value calculated for the differences: D180-D0 between the Röttinger and Moore groups)

Table 3 Comparison of biomechanical gains in Röttinger and Moore groups between D0 and D180

| | Röttinger (n =38) | | Moore (n =32) | | | p | |
|-------------------------------|-------------------|-------------|-----------------------|-------------|-------------|-------------|-----------------------|
| | D0 | D180 | Δ (D180-D0) | D0 | D180 | | Δ (D180-D0) |
| Gait speed (cm/s) | 72.9 (23.8) | 88.5 (22.8) | 15.6 (17.6) | 80.7 (22.2) | 94.1 (20.4) | 13.4 (18.5) | 0.75 |
| Step length (cm) | 43 (10.1) | 50.2 (9) | 7.2 (7.4) | 47.3 (9.3) | 53.3 (9.2) | 6 (8.6) | 0.73 |
| Single-limb stance (%) | 33 (4) | 35 (3) | 2 (3) | 35 (3) | 36 (2) | 1 (2) | 0.33 |
| Double-limb stance (%) | 32 (7) | 28 (5) | -3 (5) | 29 (6) | 27 (5) | -2 (4) | 0.3 |
| Joint range of movement | | | | | | | |
| Flexion/extension (degrees) | 23.7 (7.7) | 32.4 (7.1) | 8.8 (6.2) | 26.2 (6.7) | 24.4 (5.3) | 8.2 (5.7) | 0.58 |
| Abduction/adduction (degrees) | 5.8 (2.1) | 8 (2.2) | 2.2 (2.6) | 6.6 (2.4) | 9.2 (2.7) | 2.6 (2.6) | 0.56 |

Variables expressed as means per group with SD between brackets and range when available

Our study confirmed the excellent results of THA with a dual-mobility cup in hip osteoarthritis at six months, which are at least as good as those in series of simple-mobility cups [14] with a high PASS rate for VAS and HOOS function whatever the surgical approach, whether assessed by a self-administered instrument such the HOOS or interview-based questionnaires. The HOOS can detect functional improvements in relevant domains, not only in everyday life activities but also in sports activities and in quality of life [10].

Minimally invasive anterior approach have already shown their benefits in terms of in-hospital cost [15] and clinically significant heterotopic ossifications [16]. Though functionally some studies comparing minimally-invasive approaches with standard approaches showed clinical differences in favor of minimally-invasive approaches. However, these differences tend to diminish with time, with no difference in algofunctional scores at one year of follow-up [17] or at five years [18]. Others found no difference in the short and medium term [11, 19]. Our results keep with these series.

Many articles dealing with quantified gait analysis after THA according to the approach reported no significant difference (walking speed, step length, frequency, active joint ROM) between the anterolateral vs. posterior approach [19], the minimally-invasive anterolateral vs. standard lateral approach [13, 20] or even between the different minimally-invasive approaches [21], with follow-up ranging from D45 to D180. And when post-surgical differences are found in the short term, they tended to disappear with time, like in the study of Lin [22], which found a greater biomechanical improvement in the short term for the minimally-invasive anterolateral approach but at one year of follow-up walking speed and strength were comparable. The results of our biomechanical analysis are thus in agreement with the literature.

In both surgical approaches, relevant gait parameters studied at six months after total hip arthroplasty were improved as described by Ewen [23], with a significant increase in gait speed, step length and joint ROM during walking. The

comparison with the control group confirmed that the six-month values after surgery were even closer to but still below those in healthy gait as reported in Kolk's meta-analysis [5]. For many authors, patients with THA never completely recovered normal gait even after ten years of follow-up [21]. This is potentially linked to permanent modifications in hip stabilizer muscles, such as the gluteus medius in the frontal plane, and hip flexor muscles in the sagittal plane, whatever the surgical approach [5] and could also be explained by the persistence of a modified cognitive schema or pain avoidance strategies.

All of these results must be interpreted in the light of the inherent limitations of our study. The single-centre university hospital recruitment may be responsible for a population selection bias, though osteoarthritis severity at inclusion was similar to that in the literature. The hip prostheses used were not strictly identical even though all patients had an uncemented dual-mobility THA. Concerning the protocol, there was no randomization and a single expert surgeon in each arm. In this setting, it is not legitimate to modify the surgeon's usual practices because of random fluctuations. We can notice that some authors report an impact of the learning curve on the cup positioning accuracy and the peri-operative complications for minimal-invasive anterior approach [24] it's why we choose only experienced surgeons, even if after this learning curve the accuracy of the cup positioning seems to be equivalent or better with anterior approach [25].

In conclusion, the combination of a dual-mobility device with the minimally-invasive anterolateral approach is a reliable solution to guarantee not only stability of the hip in the short and long term but also rapid and sustained functional recovery, assessed subjectively with patient-reported functional outcomes and objectively with quantified gait analysis. This good functional recovery appears to be close to recovery following simple-mobility THA and needs to be confirmed in the longer term, in particular with regard to survival rates, even though the most recent data on dual-mobility devices in literature are reassuring.

Acknowledgments We thank Philip Bastable from the 'Pôle Recherche' of Dijon University Hospital for helpful review of this article.

Compliance with ethical standards

Conflict of interest The authors declare that they have no conflict of interest.

References

- Farizon F, de Lavison R, Azoulay JJ, Bousquet G (1998) Results with a cementless alumina-coated cup with dual mobility. *Int Orthop* 22:219–224. doi:10.1007/s002640050246
- Wegrzyn J, Tebaa E, Jacquel A, et al (2015) Can dual mobility cups prevent dislocation in all situations after revision total hip arthroplasty? *J Arthroplasty*. doi: 10.1016/j.arth.2014.10.034
- Philippot R, Camilleri JP, Boyer B et al (2009) The use of a dual-articulation acetabular cup system to prevent dislocation after primary total hip arthroplasty: analysis of 384 cases at a mean follow-up of 15 years. *Int Orthop* 33:927–932. doi:10.1007/s00264-008-0589-9
- Bertin KC, Röttinger H (2004) Anterolateral mini-incision hip replacement surgery: a modified Watson-Jones approach. *Clin Orthop* 248–255
- Kolk S, Minten MJM, van Bon GEA et al (2014) Gait and gait-related activities of daily living after total hip arthroplasty: a systematic review. *Clin Biomech Bristol Avon* 29:705–718. doi:10.1016/j.clinbiomech.2014.05.008
- Bierma-Zeinstra S, Bohnen A, Ginai A et al (1999) Validity of American College of Rheumatology criteria for diagnosing hip osteoarthritis in primary care research. *J Rheumatol* 26:1129–1133
- Moore AT (1957) The self-locking metal hip prosthesis. *J Bone Joint Surg* 39:811–827
- Ometti P, Parratte S, Gossec L et al (2010) Cross-cultural adaptation and validation of the French version of the hip disability and osteoarthritis outcome score (HOOS) in hip osteoarthritis patients. *Osteoarthritis Cartilage* 18:522–529. doi:10.1016/j.joca.2009.12.007
- Tubach F (2005) Evaluation of clinically relevant states in patient reported outcomes in knee and hip osteoarthritis: the patient acceptable symptom state. *Ann Rheum Dis* 64:34–37. doi:10.1136/ard.2004.023028
- Amlie E, Havelin LI, Fumes O et al (2014) Worse patient-reported outcome after lateral approach than after anterior and posterolateral approach in primary hip arthroplasty. *Acta Orthop* 1–7. doi: 10.3109/17453674.2014.934183
- Mayr E, Nogler M, Benedetti M-G et al (2009) A prospective randomized assessment of earlier functional recovery in THA patients treated by minimally invasive direct anterior approach: a gait analysis study. *Clin Biomech* 24:812–818
- Nantel J, Temoz N, Vendittoli P-A et al (2009) Gait patterns after total hip arthroplasty and surface replacement arthroplasty. *Arch Phys Med Rehabil* 90:463–469. doi:10.1016/j.apmr.2008.08.215
- Martin R, Clayson PE, Troussel S et al (2011) Anterolateral minimally invasive total hip arthroplasty: a prospective randomized controlled study with a follow-up of 1 year. *J Arthroplasty* 26:1362–1372
- Cheng T, Feng JG, Liu T, Zhang XL (2009) Minimally invasive total hip arthroplasty: a systematic review. *Int Orthop* 33:1473–1481. doi:10.1007/s00264-009-0743-z
- Gofton W, Fitch DA (2016) In-hospital cost comparison between the standard lateral and supercapsular percutaneously-assisted total hip surgical techniques for total hip replacement. *Int Orthop* 40:481–485. doi:10.1007/s00264-015-2878-4
- Newman EA, Holst DC, Bracey DN et al (2015) Incidence of heterotopic ossification in direct anterior vs posterior approach to total hip arthroplasty: a retrospective radiographic review. *Int Orthop* 1–7. doi: 10.1007/s00264-015-3048-4
- Anta-Diaz BD, Serralta-Gomis J, Lizaur-Utrilla A et al (2016) No differences between direct anterior and lateral approach for primary total hip arthroplasty related to muscle damage or functional outcome. *Int Orthop* 1–6. doi: 10.1007/s00264-015-3108-9
- Reichert JC, Volkmann MR, Koppmair M et al (2015) Comparative retrospective study of the direct anterior and transgluteal approaches for primary total hip arthroplasty. *Int Orthop* 39:2309–2313. doi:10.1007/s00264-015-2732-8
- Queen RM, Butler RJ, Watters TS et al (2011) The effect of total hip arthroplasty surgical approach on postoperative gait mechanics. *J Arthroplasty* 26:66–71
- Klausmeier V, Lugade V, Jewett BA et al (2009) Is There Faster Recovery With an Anterior or Anterolateral THA? A Pilot Study. *Clin Orthop Relat Res* 468:533–541. doi:10.1007/s11999-009-1075-4
- Foucher KC, Wimmer MA, Moio KC et al (2011) Time course and extent of functional recovery during the first postoperative year after minimally invasive total hip arthroplasty with two different surgical approaches—a randomized controlled trial. *J Biomech* 44:372–378
- Lin D-H, Jan M-H, Liu T-K et al (2007) Effects of anterolateral minimally invasive surgery in total hip arthroplasty on hip muscle strength, walking speed, and functional score. *J Arthroplasty* 22:1187–1192
- Ewen AM, Stewart S, St Clair Gibson A et al (2012) Post-operative gait analysis in total hip replacement patients—a review of current literature and meta-analysis. *Gait Posture* 36:1–6. doi:10.1016/j.gaitpost.2011.12.024
- Kobayashi H, Homma Y, Baba T et al (2015) Surgeons changing the approach for total hip arthroplasty from posterior to direct anterior with fluoroscopy should consider potential excessive cup anteversion and flexion implantation of the stem in their early experience. *Int Orthop* 1–7. doi: 10.1007/s00264-015-3059-1
- Ji W, Stewart N (2016) Fluoroscopy assessment during anterior minimally invasive hip replacement is more accurate than with the posterior approach. *Int Orthop* 40:21–27. doi:10.1007/s00264-015-2803-x

Annexe 2 : Influence of body mass index on sagittal knee range of motion and gait speed recovery 1-year after total knee arthroplasty. [21]

ACCEPTED MANUSCRIPT

INFLUENCE OF BODY MASS INDEX ON SAGITTAL KNEE RANGE OF MOTION AND GAIT SPEED RECOVERY ONE YEAR AFTER TOTAL KNEE ARTHROPLASTY

^{a-b}Alice Bonnefoy-Mazure*, ^bPierre Martz*, ^{a-b}Stéphane Armand, ^{c-d}Yoshisama Sagawa Junior, ^bDomizio Suva, ^{e-f}Katia Turcot, ^bHermes H. Miozzari, ^bAnne Lübbecke

*equivalent contribution

^aWilly Taillard Laboratory of Kinesiology, Geneva University Hospitals and Geneva University, Switzerland.

^bDivision of Orthopaedics and Trauma Surgery, Geneva University Hospitals, Faculty of Medicine, Geneva, Switzerland.

^cLaboratoire d'Exploration Fonctionnelle Clinique du Mouvement, CHRU de Besançon, France.

^dCentre d'Investigation Clinique INSERM CIT 808, CHRU de Besançon, France.

^eFaculty of medicine, Department of Kinesiology, Laval University, Quebec, Canada.

^fCentre for Interdisciplinary Research in Rehabilitation and Social Integration (CIRRS), Quebec, Canada.

Corresponding author:

Alice Bonnefoy-Mazure
Willy Taillard Laboratory of Kinesiology
University Hospitals of Geneva
4 Rue Gabrielle-Perret-Gentil
CH-1211 Geneva 14, SWITZERLAND
Phone. : +41 (0)22 37 27 868
Fax : +41 (0)22 37 27 799
E-mail: alice.bonnefoymazure@hcuge.ch

1 **INFLUENCE OF BODY MASS INDEX ON SAGITTAL KNEE RANGE OF MOTION**
2 **AND GAIT SPEED RECOVERY ONE YEAR AFTER TOTAL KNEE**
3 **ARTHROPLASTY**

4

5 **Abstract**

6 *Background*

7 The purpose of this prospective study was to investigate the influence of body mass index
8 (BMI) on gait parameters preoperatively and one year after total knee arthroplasty (TKA).

9 *Methods*

10 Seventy-nine patients were evaluated before and one year after TKA using clinical gait
11 analysis. The gait velocity, the knee range of motion (ROM) during gait, their gains
12 (difference between baseline and one year post TKA), the Western Ontario and MacMaster
13 Osteoarthritis Index (WOMAC), quality of life and patient satisfaction were assessed. Non-
14 obese (BMI <30) and obese patients (BMI ≥30) were compared. Healthy controls were also
15 assessed. Uni- and multivariable linear regression analyses were used to assess the association
16 between gait speed and ROM gains. Adjustment was performed for sex, age and WOMAC
17 pain improvement.

18 *Results*

19 At baseline, gait velocity and knee ROM were significantly lower in obese compared to non-
20 obese patients (0.99 ± 0.27 m/s vs. 1.11 ± 0.18 m/s, effect size, 0.53; p = 0.021. ROM: 41.33°
21 ±9.6 vs. 46.05° ±8.39, effect size, 0.52; p = 0.022). Univariate and multivariate linear
22 regressions did not show any significant relation between gait speed gain or knee ROM gain
23 and BMI. At baseline, obese patients were more symptomatic than non-obese (WOMAC pain:
24 36.1 ±14.0 vs. 50.4 ±16.9, effect size, 0.9; p<0.001) and their improvement was significantly
25 higher (WOMAC pain gain: 44.5 vs. 32.3, effect size, 0.59, p= 0.011).

26 *Conclusion*

1

27 These findings show that all patients improved biomechanically and clinically, regardless of
28 their BMI.

29

30 **Introduction**

31 It is widely recognized that overweight and obesity are risk factors for developing knee
32 osteoarthritis (OA) [1-5]. OA represents the most common joint disorder and its progression
33 in future years is expected to rise with the increase in age and obesity in the population [6, 7].

34 From a mechanical and biomechanical point of view, a high body mass index (BMI) may
35 contribute to increase mechanical stress, mechanical burden, altered dynamic movement and
36 loading patterns at the knee [8-12]. Total Knee Arthroplasty (TKA) procedure in obese
37 patients is challenging and associated with higher blood loss, prolonged operative time,
38 increased risk of infection and venous-thromboembolic events, greater risk for implant mal-
39 alignment, a higher risk of revision surgery and decreased postoperative range of motion
40 (ROM) [13-17]. ROM and gait speed are important for pain relief, function, level of walking
41 and patient satisfaction after TKA [18-26]. In terms of outcomes following TKA, some
42 studies have shown equivalent [27] and others worse functional scores in obese compared to
43 non-obese patients [28-32]. Nevertheless, little is known concerning the influence of obesity
44 on patient recovery with regard to functional performance after TKA [33]. A few studies have
45 shown that obese patients have poorer mobility and less ROM after surgery compared to non-
46 obese patients [34-36]. However, these findings were based on timed up-and-go test, speed on
47 a timed stair-climbing test, 6-min walking test or passive ROM of the knee measured with
48 goniometry. No study to date has documented the influence of BMI on the recovery of ROM
49 of the knee during gait or of gait velocity after TKA.

50 Therefore, the objective of our study was to investigate the influence of BMI on these gait
51 parameters preoperatively and 1-year after TKA. As obesity is defined for a BMI ≥ 30 kg/m²

52 [37], we hypothesize that a BMI ≥ 30 kg/m², is associated with a lower recovery in terms of
53 gait characteristics.

54

55 **Materials and Methods**

56 **Participant's selection**

57 Seventy-nine patients scheduled for a unilateral TKA for symptomatic end-stage OA were
58 included in this prospective study. All were graded III-IV on the Kellgren & Lawrence scale
59 [38]. Participants were excluded if they had previous knee, hip or ankle replacement surgery,
60 a history of lower limb or back surgery, neurological or orthopaedic disorders that could
61 affect gait or balance, or if they used crutches or similar walking aids for short distance
62 walking. Patients included in the study were asked to be available for a gait analysis the week
63 before (baseline) and one year after surgery. The study was approved by the local ethic
64 committee (n. CER 09-307). Written informed consent was obtained for all participants.

65 As a control group, 32 healthy participants matched for age and sex were asked to perform a
66 three-dimensional (3D) gait analysis according to the same protocol as listed below.

67

68 **Surgical procedure and postoperative management**

69 All 79 patients recruited for the study underwent TKA as scheduled. A cemented,
70 posterostabilized (PS), fix-bearing design was used in all patients: 57 had a PFC Sigma®
71 TKA (Depuy Orthopaedics, Inc., Warsaw, IN, USA) and 22 patients had GMK System®
72 TKA (Medacta, Inc, Castel San Pietro, Switzerland). All TKA were performed through a
73 medial parapatellar approach except for two patients with a lateral parapatellar approach. A
74 tibia first cut technique was routinely used by all surgeons, with independent bone cuts in 45
75 patients (measured resection), and a gap balancing technique in 34 patients using either the
76 TRAM system (Depuy Orthopaedics, Inc., F) with the PFC Sigma (Depuy Orthopaedics, Inc.,

77 Warsaw, IN, USA) or the LBS system with the GMK System (Medacta, Inc, Castel San
78 Pietro, Switzerland). The patella was routinely denervated. Resurfacing was done in 43
79 patients. Twenty surgeons were involved during the period of this study.

80 After surgery, all patients went through a standard rehabilitation program of 6 weeks, walking
81 with crutches starting at day two with full weight bearing allowed. Routinely, a single shot
82 antibiotic prophylaxis was given before skin incision, and deep vein thrombosis prophylaxis
83 with low molecular heparin was maintained for 6 weeks.

84

85 **Body Mass Index Groups**

86 Firstly, as there were no patients with BMI < 18 kg/m², patients were divided into four
87 categories, according to the World Health Organization BMI criteria [39]: BMI < 25 kg/m²
88 (normal weight), 25 < BMI < 29.9 kg/m² (overweight), 30.0 < BMI < 34.9 kg/m² (obesity class
89 I) and BMI over 35.0 kg/m² (obesity class II and III). Secondly, because of the small sample
90 size in each category, two BMI (< 30 and ≥ 30) groups were used in a second statistical
91 analysis.

92

93 **Patient's characteristics**

94 Sex, age, pre- and post-operative BMI, localization of osteoarthritis, and the American
95 Society of Anaesthesiologists (ASA) score [40] were collected from our hospital-based
96 registry (Arthroplasty Registry), which was founded in 1998.

97

98 **Kinematic outcomes**

99 A 3D gait analysis was performed at two separate visits (before surgery and one year after
100 surgery) with a 12-camera motion analysis system (VICON Peak, Oxford, UK) used to
101 capture full-body motion during gait. Reflective markers were placed on the pelvis and on

102 both lower limbs according to the Davis protocol [41] and on the trunk as described by
103 Gutierrez-Farewik et al. [42]. The marker trajectories were filtered using the predicted mean-
104 squared error (MSE) adaptive filter within the Nexus software, version 1.8.5. Joint kinematics
105 was generated using the dynamic model (Vicon Plug-in-Gait). A minimum of 10 gait cycles
106 was used for kinematics. All participants walked barefoot at their self-selected comfortable
107 speed.

108 From this 3D gait analysis, two kinematic outcomes were used in the analysis: gait velocity
109 and ROM of the knee during the gait cycle (calculated as the difference between the maximal
110 and minimal value of the knee flexion). Gait velocity was evaluated as speed in meters/second
111 and as proportion of subjects walking at a speed of ≥ 1.3 m/s [43]. Specific descriptions of
112 these two kinematic outcomes parameters are listed in Table 2. Only the operated limbs were
113 considered.

114

115 **Clinical outcomes**

116 At each visit, pain level and functional capacity were assessed using the Western Ontario and
117 McMaster Universities Arthritis Index (WOMAC) questionnaires [44]. In addition, general
118 health was measured using the Medical Outcomes Study 12-item Short-Form Health Survey
119 (SF-12) [45]. Patients were also asked to estimate their level of knee pain using a visual
120 analogue scale (VAS) (0-10 cm) at baseline and one year after surgery. A score of 1 to 4
121 indicates mild pain, a score of 5 to 6 indicates moderate pain and a score of 7 to 10 indicates
122 severe pain [46]. Moreover, in order to quantify the clinical gain between the two visits, the
123 differences between the mean scores one year after and before surgery were calculated for
124 each clinical outcome.

125

126 **Statistical Analysis**

127 Statistical analyses were performed by categorizing the kinematic and clinical outcomes for
128 the two BMI groups (non obese with BMI<30 kg/m² and obese with BMI≥30 kg/m²). With
129 normal data distribution, parametric tests were used. Mean and standard deviation (SD) were
130 calculated for continuous variables. To quantify the functional evolution of patients between
131 the two visits, the variables gait speed gain and flexion range gain of knee were calculated
132 respectively as the differences between the preoperative and postoperative data. Paired-
133 samples t-tests were employed to assess statistical differences, before and one year after
134 surgery, within the two BMI groups. Unpaired-samples t-tests were used to compare BMI
135 groups and the healthy participants. To compare gains between the two BMI groups,
136 independent-samples t-tests were performed.

137 Finally, uni- and multivariable linear regression analyses were used to assess the association
138 between gait speed gain and BMI and between knee ROM gain and BMI. Adjustment was
139 performed for sex, age and WOMAC pain improvement. Preliminary analyses were
140 conducted to ensure no violation of the assumptions of normality, linearity, multicollinearity
141 and homoscedasticity. To interpret the results, the effect size of Cohen was calculated as the
142 mean unadjusted difference divided by the pooled SD of corresponding mean parameters [47].
143 A effect size with a $r < 0.20$ is considered as trivial, with $0.2 \leq r \leq 0.5$ as small, $0.5 \leq r \leq 0.8$
144 as moderate and with $r \geq 0.8$ as large. Statistical analyses were performed using STATA
145 software, version 13.1 (StataCorp LP, College Station, Texas, USA).

146

147 **Results**

148 **Patient characteristics**

149 Table 1 summarizes healthy participant characteristics at baseline and patient characteristics
150 at baseline and one year after surgery according to BMI categories. The groups did not differ
151 with respect to their gender distribution and age.

152

153 **Kinematic outcomes**

154 At baseline, gait velocity and knee ROM were significantly lower in the obese group as
155 compared to the non-obese group (Table 2). From baseline to one year after TKA, gait
156 velocity and knee ROM significantly improved in obese and non-obese patients with a similar
157 gain in the two groups.

158 Knee kinematic (at baseline and one year after surgery) in the sagittal plane during gait are
159 shown in Figure 1 according to the four and the two BMI groups.

160 Compared to healthy participants, knee ROM during gait in patients was significantly lower at
161 baseline and one year after surgery with more symptomatic curves for the highest BMI groups
162 (Table 1 and Figure 1).

163 In the same way, gait velocity was significantly lower in patients (both non-obese and obese)
164 than in healthy participants at baseline and one year after surgery (baseline BMI<30:
165 1.11 ± 0.18 m/s vs. healthy participants: 1.42 ± 0.22 m/s, effect size, 1.57; $p < 0.001$ and
166 BMI \geq 30: 0.99 ± 0.27 m/s vs. healthy participants: 1.41 ± 0.22 m/s, effect size, 1.74; $p < 0.001$;
167 one year after surgery: BMI<30: 1.24 ± 0.16 m/s vs. healthy participants: 1.41 ± 0.22 m/s, effect
168 size, 0.97; $p < 0.001$ and BMI \geq 30: 1.08 ± 0.28 m/s vs. healthy participants: 1.41 ± 0.22 m/s,
169 effect size, 1.34; $p < 0.001$). The Figure 2 illustrates the negative association among the gait
170 velocity and knee ROM with and BMI values at baseline and one year after surgery.

171 Prior to surgery the proportions of non-obese vs. obese patients with a gait speed ≥ 1.3 m/s
172 were 17.8 % vs. 5.7% ($p = 0.026$) as compared to 70.6% among the healthy subjects. One year
173 after surgery the proportions improved to 42.2% vs. 20% ($p = 0.012$).

174

175 **Clinical outcomes**

7

176 At baseline, obese patients were more symptomatic than non-obese patients with respect to
177 WOMAC pain and function (Table 2). Both groups improved significantly from baseline to
178 one year after surgery with respect to pain, function and general physical health. For
179 WOMAC pain, a significantly larger improvement was seen in the obese group (gain
180 BMI<30: 32.3 vs. BMI \geq 30 44.5, effect size, 0.59; p= 0.011).

181

182 **Univariable and multivariable linear regression analyses**

183 Univariable linear regression did not show any significant association between BMI and gait
184 speed gain ($r = -0.04$, 95% CI -0.12-0.04; $p = 0.353$) or knee ROM gain ($r = 0.29$, 95% CI -
185 3.00-3.59; $p = 0.861$), (Table 3). Adjustment for age, gender and improvement in WOMAC
186 pain did not alter the results.

187

188 **Discussion**

189 The results of this study show that patients improved their gait (knee ROM and speed) and
190 clinical outcomes one year after surgery, irrespective of their BMI. Thus, BMI did not
191 adversely impact functional gait recoveries and clinical outcomes, as hypothesized. Indeed,
192 despite being more symptomatic before surgery, patients with a high BMI (≥ 30) had an
193 improvement comparable in terms of magnitude (or gain) to those with a lower BMI.

194

195 To our knowledge, no other study has yet evaluated the association between obesity and
196 functional performances during gait in terms of knee ROM and gait velocity recoveries one
197 year after TKA. Previous studies examining biomechanical aspects after TKA have focused
198 on the evolution of knee kinematics and gait velocity overall, (without stratifying for obesity
199 or BMI), during different functional tasks at three months, six months, one year or more
200 compared to a group of healthy controls [20, 21, 48, 49]. A common finding in these studies

201 was that ROM of the operated knee during gait and gait velocity were significantly decreased
202 compared to a control group and that despite improvements in pain and function WOMAC
203 scores, the normal biomechanical function of the knee during gait could not be restored after
204 TKA [50].

205 Our overall results are consistent with the literature in that the gait characteristics at one year
206 after surgery did not return to a normal pattern in neither of the two groups [50]. All our
207 patients presented altered gait characteristics before surgery, compared to a healthy control
208 group, but obese patients had significantly poorer gait performance. Furthermore, obese
209 patients initially had a more altered gait at baseline compared to healthy people as observed in
210 the Figure 1. Despite the same improvement seen in both groups, gait performances in obese
211 patients remained significantly lower than those of non-obese, even at one year after surgery.
212 This difference, observed between knee ROM during gait could be attributed solely to a lower
213 gait velocity for patient of high BMI [10, 26]. Indeed, the proportion of obese patients with a
214 gait velocity superior at 1.3 m/s, i.e. considered clinically important, remains below the
215 number of non-obese patients that reach this clinically important speed [43, 51].

216

217 In previous literature either similar clinical results have been reported in obese patients at one
218 year [31, 52, 53]. In our study, the WOMAC pain score gain was significantly higher for
219 obese patients, whereas the WOMAC function score gain was similar. Thus, the clinical
220 benefit of TKA seems to be comparable for all patients, whatever their BMI. Moreover, it has
221 been shown that obese and morbidly obese patients were reported to gain as much functional
222 benefit from TKA as other patients at 3 years [54]. Thus, the recovery might be slower for
223 patients with severe obesity.

224

225 There are several limitations to our study. One is the sample size limiting the ability to
226 perform subgroup analyses according to the 4 classes of BMI. It would be of particular
227 interest to examine results in obese class II and III patients. Indeed, many studies have
228 demonstrated a very high rate of complications (wound infection, loosening and revision
229 surgery) until 5 fold more related to a BMI >40 kg/m² [55, 56] with poorer clinical results
230 (WOMAC scores, knee ROM and KSS) for this group of patients [57]. In addition, BMI does
231 not distinguish adiposity from muscle mass. Thus, in the case of muscular former athlete
232 undergoing TKA might have a different recovery trajectory than someone with a large BMI
233 due to high adiposity. Another potential limitation is the use of two different brands of PS
234 TKA with two different techniques for both designs (dependent versus independent bone
235 cuts). Nevertheless, the use of different brands and/or a different technique did not show
236 different results at one year, both in terms of passive range of motion and gait characteristics
237 (results not shown). This is in accordance with Sosdian et al. who did not show any difference
238 concerning the different types of device or the surgeon choice's to resurface the patella in a
239 systematic review, neither [50]. Thus, we don't believe that this would have changed our
240 results. Finally, a limitation is linked to the artefacts due to skin movements and also problem
241 link to the potential errors in the markers placements in obese patients, that could affect the
242 accuracy of knee ROM measurements [55]. This limitation is a major concern in all studies
243 using 3D gait analysis with obese participants without any alternative to solve this problem.
244 Indeed, lots of patients with knee OA have also an obesity problem. However, Freedman et al,
245 showed in their study that gait kinematic was generally similar, in the sagittal plane, between
246 healthy participants and overweight and obese participants without knee pain and OA
247 problem [26].

248

249 **Conclusions**

250 To conclude, we explored the relation between BMI and functional performances during gait
251 in terms of knee ROM and gait velocity recoveries before and one year after TKA. Our
252 findings confirm the objective functional benefit of TKA for all patients: all patients improved
253 biomechanically and clinically, regardless of their BMI. However, obese patients did not
254 achieve the same absolute postoperative level of gait speed and knee ROM as non-obese, and
255 both groups remained below the level of a healthy control person.

256

257 **Conflict of interest**

258 The authors do not have any conflict of interest to declare.

259

260 We confirm that there is any financial support or other benefits from commercial sources for
261 the work reported in this manuscript, or any other financial interests that any of the authors
262 may have, which could create a potential conflict of interest or the appearance of a conflict of
263 interest with regard to the work.

264

265

266 **References**

- 267 1. Gillespie GN, Porteous AJ. Obesity and knee arthroplasty. *The Knee* 14(2): 81, 2007
- 268 2. Runhaar J, Koes BW, Clockaerts S, Bierma-Zeinstra SM. A systematic review on changed
269 biomechanics of lower extremities in obese individuals: a possible role in development of
270 osteoarthritis. *Obesity reviews : an official journal of the International Association for the*
271 *Study of Obesity* 12(12): 1071, 2011
- 272 3. Salih S, Sutton P. Obesity, knee osteoarthritis and knee arthroplasty: a review. *BMC sports*
273 *science, medicine and rehabilitation* 5(1): 25, 2013
- 274 4. Blagojevic M, Jinks C, Jeffery A, Jordan KP. Risk factors for onset of osteoarthritis of the
275 knee in older adults: a systematic review and meta-analysis. *Osteoarthritis and cartilage /*
276 *OARS, Osteoarthritis Research Society* 18(1): 24, 2010
- 277 5. Lee R, Kean WF. Obesity and knee osteoarthritis. *Inflammopharmacology* 20(2): 53, 2012
- 278 6. Salihu HM, Bonnema SM, Alio AP. Obesity: What is an elderly population growing into?
279 *Maturitas* 63(1): 7, 2009
- 280 7. Kurtz S, Ong K, Lau E, Mowat F, Halpern M. Projections of primary and revision hip and
281 knee arthroplasty in the United States from 2005 to 2030. *The Journal of bone and joint*
282 *surgery American volume* 89(4): 780, 2007
- 283 8. Sturmer T, Gunther KP, Brenner H. Obesity, overweight and patterns of osteoarthritis: the
284 Ulm Osteoarthritis Study. *Journal of clinical epidemiology* 53(3): 307, 2000
- 285 9. Bourne R, Mukhi S, Zhu N, Keresteci M, Marin M. Role of obesity on the risk for total hip
286 or knee arthroplasty. *Clinical orthopaedics and related research* 465: 185, 2007

- 287 10. Ko S, Stenholm S, Ferrucci L. Characteristic gait patterns in older adults with obesity--
288 results from the Baltimore Longitudinal Study of Aging. *Journal of biomechanics* 43(6): 1104,
289 2010
- 290 11. Griffin TM, Guilak F. The role of mechanical loading in the onset and progression of
291 osteoarthritis. *Exercise and sport sciences reviews* 33(4): 195, 2005
- 292 12. Vasarhelyi EM, MacDonald SJ. The influence of obesity on total joint arthroplasty. *The*
293 *Journal of bone and joint surgery British volume* 94(11 Suppl A): 100, 2012
- 294 13. Bohl DD, Samuel AM, Basques BA, Della Valle CJ, Levine BR, Grauer JN. How Much Do
295 Adverse Event Rates Differ Between Primary and Revision Total Joint Arthroplasty? *The*
296 *Journal of arthroplasty*, 2015
- 297 14. Dewan A, Bertolusso R, Karastinos A, Conditt M, Noble PC, Parsley BS. Implant durability
298 and knee function after total knee arthroplasty in the morbidly obese patient. *The Journal of*
299 *arthroplasty* 24(6 Suppl): 89, 2009
- 300 15. Estes CS, Schmidt KJ, McLemore R, Spangehl MJ, Clarke HD. Effect of body mass index on
301 limb alignment after total knee arthroplasty. *The Journal of arthroplasty* 28(8 Suppl): 101,
302 2013
- 303 16. Cheah MH, Kam PC. Obesity: basic science and medical aspects relevant to anaesthetists.
304 *Anaesthesia* 60(10): 1009, 2005
- 305 17. Kerkhoffs GM, Servien E, Dunn W, Dahm D, Bramer JA, Haverkamp D. The influence of
306 obesity on the complication rate and outcome of total knee arthroplasty: a meta-analysis
307 and systematic literature review. *The Journal of bone and joint surgery American volume*
308 94(20): 1839, 2012
- 309 18. Devers BN, Conditt MA, Jamieson ML, Driscoll MD, Noble PC, Parsley BS. Does greater
310 knee flexion increase patient function and satisfaction after total knee arthroplasty? *The*
311 *Journal of arthroplasty* 26(2): 178, 2011
- 312 19. Bonnefoy-Mazure A, Armand S, Sagawa Y, Jr., Suva D, Miozzari H, Turcot K. Knee
313 Kinematic and Clinical Outcomes Evolution before, Three Months and One Year Following
314 Total
315 knee Arthroplasty. *The Journal of arthroplasty* in press, 2016
- 316 20. Levinger P, Menz HB, Morrow AD, Feller JA, Bartlett JR, Bergman NR. Lower limb
317 biomechanics in individuals with knee osteoarthritis before and after total knee arthroplasty
318 surgery. *The Journal of arthroplasty* 28(6): 994, 2013
- 319 21. McClelland JA, Webster KE, Feller JA, Menz HB. Knee kinematics during walking at
320 different speeds in people who have undergone total knee replacement. *The Knee* 18(3):
321 151, 2011
- 322 22. Naili JE, Iversen MD, Esbjornsson AC, Hedstrom M, Schwartz MH, Hager CK, Brostrom
323 EW. Deficits in functional performance and gait one year after total knee arthroplasty
324 despite improved self-reported function. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy :*
325 *official journal of the ESSKA*, 2016
- 326 23. Alice BM, Stephane A, Yoshisama SJ, Pierre H, Domizio S, Hermes M, Katia T. Evolution of
327 knee kinematics three months after total knee replacement. *Gait & posture* 41(2): 624, 2015
- 328 24. Ko SU, Ling SM, Schreiber C, Nesbitt M, Ferrucci L. Gait patterns during different walking
329 conditions in older adults with and without knee osteoarthritis--results from the Baltimore
330 Longitudinal Study of Aging. *Gait & posture* 33(2): 205, 2011
- 331 25. Harding GT, Hubley-Kozey CL, Dunbar MJ, Stanish WD, Astephen Wilson JL. Body mass
332 index affects knee joint mechanics during gait differently with and without moderate knee
333 osteoarthritis. *Osteoarthr Cartil OARS Osteoarthr Res Soc* 20: 1234, 2012

- 334 26. Freedman Silvernail J, Milner CE, Thompson D, Zhang S, Zhao X. The influence of body
335 mass index and velocity on knee biomechanics during walking. *Gait & posture* 37(4): 575,
336 2013
- 337 27. Rajgopal V, Bourne RB, Chesworth BM, MacDonald SJ, McCalden RW, Rorabeck CH. The
338 impact of morbid obesity on patient outcomes after total knee arthroplasty. *The Journal of*
339 *arthroplasty* 23(6): 795, 2008
- 340 28. Foran JR, Mont MA, Etienne G, Jones LC, Hungerford DS. The outcome of total knee
341 arthroplasty in obese patients. *The Journal of bone and joint surgery American volume* 86-
342 *A*(8): 1609, 2004
- 343 29. Amin AK, Clayton RA, Patton JT, Gaston M, Cook RE, Brenkel IJ. Total knee replacement in
344 morbidly obese patients. Results of a prospective, matched study. *The Journal of bone and*
345 *joint surgery British volume* 88(10): 1321, 2006
- 346 30. Liljensoe A, Lauersen JO, Soballe K, Mechlenburg I. Overweight preoperatively impairs
347 clinical outcome after knee arthroplasty: a cohort study of 197 patients 3-5 years after
348 surgery. *Acta orthopaedica* 84(4): 392, 2013
- 349 31. Nunez M, Lozano L, Nunez E, Segur JM, Sastre S. Factors influencing health-related
350 quality of life after TKA in patients who are obese. *Clinical orthopaedics and related research*
351 469(4): 1148, 2011
- 352 32. Singh JA, Gabriel SE, Lewallen DG. Higher body mass index is not associated with worse
353 pain outcomes after primary or revision total knee arthroplasty. *The Journal of arthroplasty*
354 26(3): 366, 2011
- 355 33. Si HB, Zeng Y, Shen B, Yang J, Zhou ZK, Kang PD, Pei FX. The influence of body mass index
356 on the outcomes of primary total knee arthroplasty. *Knee surgery, sports traumatology,*
357 *arthroscopy : official journal of the ESSKA* 23(6): 1824, 2015
- 358 34. Mulhall KJ, Ghomrawi HM, Mihalko W, Cui Q, Saleh KJ. Adverse effects of increased body
359 mass index and weight on survivorship of total knee arthroplasty and subsequent outcomes
360 of revision TKA. *The journal of knee surgery* 20(3): 199, 2007
- 361 35. Stevens-Lapsley JE, Petterson SC, Mizner RL, Snyder-Mackler L. Impact of body mass
362 index on functional performance after total knee arthroplasty. *The Journal of arthroplasty*
363 25(7): 1104, 2010
- 364 36. Gadiansky NE, Ehrhardt JK, Urband C, Westrich GH. Effect of body mass index on range of
365 motion and manipulation after total knee arthroplasty. *The Journal of arthroplasty* 26(8):
366 1194, 2011
- 367 37. Obesity: preventing and managing the global epidemic. Report of a WHO consultation.
368 World Health Organization technical report series 894: i, 2000
- 369 38. Kellgren JH, Lawrence JS. Radiological assessment of osteo-arthrosis. *Annals of the*
370 *rheumatic diseases* 16(4): 494, 1957
- 371 39. WHO WEC. Obesity: preventing and managing the global epidemic. Geneva, Switzerland,
372 2000
- 373 40. Mak PH, Campbell RC, Irwin MG. The ASA Physical Status Classification: inter-observer
374 consistency. *American Society of Anesthesiologists. Anaesthesia and intensive care* 30(5):
375 633, 2002
- 376 41. Davids JR, Ounpuu S, DeLuca PA, Davis RB, 3rd. Optimization of walking ability of children
377 with cerebral palsy. *Instructional Course Lectures* 53: 511, 2004
- 378 42. Gutierrez-Farewik EM, Bartonek A, Saraste H. Comparison and evaluation of two
379 common methods to measure center of mass displacement in three dimensions during gait.
380 *Human movement science* 25(2): 238, 2006

- 381 43. Foucher KC. Identifying clinically meaningful benchmarks for gait improvement after
 382 total hip arthroplasty. *Journal of orthopaedic research : official publication of the*
 383 *Orthopaedic Research Society* 34(1): 88, 2016
- 384 44. Whitehouse SL, Lingard EA, Katz JN, Learmonth ID. Development and testing of a
 385 reduced WOMAC function scale. *The Journal of bone and joint surgery British volume* 85(5):
 386 706, 2003
- 387 45. Ware J, Jr., Kosinski M, Keller SD. A 12-Item Short-Form Health Survey: construction of
 388 scales and preliminary tests of reliability and validity. *Medical care* 34(3): 220, 1996
- 389 46. Jensen MP, Chen C, Brugger AM. Interpretation of visual analog scale ratings and change
 390 scores: a reanalysis of two clinical trials of postoperative pain. *The journal of pain : official*
 391 *journal of the American Pain Society* 4(7): 407, 2003
- 392 47. Cohen J. *Statistical power analysis for behavioural sciences.*: Hillsdale: Lawrence Erlbaum
 393 Associates, 1988
- 394 48. Leffler J, Scheys L, Plante-Bordeneuve T, Callewaert B, Labey L, Bellemans J, Franz A. Joint
 395 kinematics following bi-compartmental knee replacement during daily life motor tasks. *Gait*
 396 *& posture* 36(3): 454, 2012
- 397 49. Yoshida Y, Zeni J, Snyder-Mackler L. Do patients achieve normal gait patterns 3 years
 398 after total knee arthroplasty? *The Journal of orthopaedic and sports physical therapy* 42(12):
 399 1039, 2012
- 400 50. Sosdian L, Dobson F, Wrigley TV, Paterson K, Bennell K, Dowsey M, Choong P, Allison K,
 401 Hinman RS. Longitudinal changes in knee kinematics and moments following knee
 402 arthroplasty: a systematic review. *The Knee* 21(6): 994, 2014
- 403 51. Middleton A, Fritz SL, Lusardi M. Walking speed: the functional vital sign. *Journal of aging*
 404 *and physical activity* 23(2): 314, 2015
- 405 52. Deshmukh RG, Hayes JH, Pinder IM. Does body weight influence outcome after total
 406 knee arthroplasty? A 1-year analysis. *The Journal of arthroplasty* 17(3): 315, 2002
- 407 53. Rodriguez-Merchan EC. Review article: Outcome of total knee arthroplasty in obese
 408 patients. *J Orthop Surg (Hong Kong)* 23(1): 107, 2015
- 409 54. Jones CA, Cox V, Jhangri GS, Suarez-Almazor ME. Delineating the impact of obesity and
 410 its relationship on recovery after total joint arthroplasties. *Osteoarthritis and cartilage /*
 411 *OARS, Osteoarthritis Research Society* 20(6): 511, 2012
- 412 55. Lai PP, Leung AK, Li AN, Zhang M. Three-dimensional gait analysis of obese adults. *Clin*
 413 *Biomech (Bristol, Avon)* 23 Suppl 1: S2, 2008
- 414 56. Spicer DD, Pomeroy DL, Badenhausen WE, Schaper LA, Jr., Curry JI, Suthers KE, Smith
 415 MW. Body mass index as a predictor of outcome in total knee replacement. *International*
 416 *orthopaedics* 25(4): 246, 2001
- 417 57. Jarvenpaa J, Kettunen J, Soininvaara T, Miettinen H, Kroger H. Obesity has a negative
 418 impact on clinical outcome after total knee arthroplasty. *Scandinavian journal of surgery :*
 419 *SJS : official organ for the Finnish Surgical Society and the Scandinavian Surgical Society*
 420 101(3): 198, 2012
- 421
- 422

Acknowledgements

This work was supported by the Division of Orthopaedics and Trauma Surgery at the University Hospitals of Geneva and the Clinical Research Center, University Hospital and Faculty of Medicine, Geneva and the Louis-Jeantet Foundation.

Table 1: Baseline characteristics (mean and standard deviation (SD)) for the four and the two BMI groups (in bold). BMI=body mass index.

| | Healthy participant | BMI categories | | | | BMI <30 | BMI ≥30 |
|--|---------------------|----------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | | <25 | 25 - 29.9 | 30 -34.9 | ≥ 35 | | |
| Number of patients | 32 | 16 | 29 | 18 | 16 | 45 | 34 |
| Women (%) | 16 (50) | 10 (63) | 17 (58) | 12 (67) | 12 (75) | 27 (60) | 24 (70.5) |
| Age, mean (SD) | | | | | | | |
| At baseline | 66.1 (7.7) | 68.1 (7.8) | 70.3 (6.4) | 66.9 (6.8) | 67.2 (9.1) | 69.5 (6.9) | 67.0 (7.8) |
| BMI, mean (SD) | | | | | | | |
| At baseline | 29.8 (6.3) | 23.7 (1.1) | 27.8 (1.2) | 32.1 (1.8) | 39.0 (2.4) | 26.4 (2.3) | 35.4 (4.0) |
| OA in medial tibiofemoral compartment (%) | NA | 14 (87.5) | 28 (96.5) | 17 (94.4) | 16 (100) | 42 (93.3) | 33 (97) |
| ASA score (%) | | | | | | | |
| 1-2 | NA | 16 (100) | 28 (96.5) | 18 (100) | 14 (87.5) | 44 (97.7) | 32 (94.1) |
| 3-4 | NA | 0 (0) | 1 (3.4) | 0 (0) | 2 (12.5) | 1 (2.2) | 2 (5.8) |

Table 2: Comparison of kinematic and clinical outcomes obtained for the two BMI groups at baseline and one year after surgery. Gain=difference between one year and baseline. WOMAC=Western Ontario and McMaster Universities Arthritis Index. SF-12=Short-Form Health Survey, VAS=Visual Analogue Scale.

| | BMI <30 n=45 | | BMI ≥30 n=34 | | BMI <30 vs. BMI ≥30 effect size / p value |
|-------------------------------|---------------------------|---|---------------------------|---|--|
| | mean (SD) | Baseline vs. 1 yr. effect size / p value | mean (SD) / | Baseline vs. 1 yr. effect size / p value | |
| GAIT OUTCOMES | | | | | |
| Gait Velocity (m/s) | | | | | |
| At baseline | 1.11 (0.18) | | 0.99 (0.27) | | 0.53 / 0.021 |
| One year after surgery | 1.24 (0.16) | 0.76 / < 0.001 | 1.08 (0.28) | 0.32 / 0.018 | |
| Gain | 0.13 (95% CI 0.1 - 0.2) | | 0.08 (95% CI 0.02 - 0.2) | | 0.21 / 0.353 |
| Knee flexion range (°) | | | | | |
| At baseline | 46.05 (8.39) | | 41.33 (9.61) | | 0.52 / 0.022 |
| One year after surgery | 49.40 (7.22) | 0.42 / 0.007 | 44.97 (6.62) | 0.44 / 0.002 | |
| Gain | 3.35 (95% CI 0.9 - 5.8) | | 3.64 (95% CI 1.5 - 5.8) | | 0.04 / 0.860 |
| CLINICAL OUTCOMES | | | | | |
| WOMAC pain score | | | | | |
| At baseline | 50.4 (16.9) | | 36.1 (14.0) | | 0.90 / < 0.001 |
| One year after surgery | 82.7 (15.5) | 1.99 / < 0.001 | 80.7 (15.5) | 3.01 / < 0.001 | |
| Gain | 32.3 (95% CI 25.8 - 38.8) | | 44.5 (95% CI 37.9 - 51.2) | | 0.59 / 0.011 |
| WOMAC function score | | | | | |
| At baseline | 53.8 (18.3) | | 39.8 (13.0) | | 0.83 / < 0.001 |
| One year after surgery | 80.9 (15.7) | 1.58 / < 0.001 | 76.4 (18.7) | 2.27 / < 0.001 | |
| Gain | 27.1 (95% CI 20.7 - 33.5) | | 36.5 (95% CI 29.2 - 43.9) | | 0.44 / 0.055 |
| SF-12 mental score | | | | | |
| At baseline | 46.1 (9.9) | | 43.7 (13.7) | | 0.20 / 0.378 |
| One year after surgery | 49.3 (10.0) | 0.32 / 0.038 | 46.1 (12.3) | 0.19 / 0.189 | |
| Gain | 3.1 (95% CI 0.17 - 6.1) | | 2.3 (95% CI -1.2 - 5.8) | | 0.08 / 0.717 |
| SF-12 physical score | | | | | |
| At baseline | 36.4 (7.4) | | 33.5 (5.8) | | 0.42 / 0.062 |
| One year after surgery | 45.2 (7.6) | 1.17 / < 0.001 | 41.2 (9.8) | 0.95 / < 0.001 | |
| Gain | 8.8 (95% CI 5.9 - 11.7) | | 7.2 (95% CI 3.4 - 10.9) | | 0.15 / 0.481 |
| Knee pain (VAS) | | | | | |
| At baseline | 3.5 (2.1) | | 3.9 (2.4) | | 0.18 / 0.353 |
| One year after surgery | 0.9 (1.5) | 1.42 / < 0.001 | 0.98 (1.8) | 1.37 / < 0.001 | |
| Gain | -2.5 (95% CI -3.3 - -1.8) | | -3.0 (95% CI -4.1 - -2.0) | | 0.19 / 0.412 |

Table 3: Gain in gait speed and knee range of motion (ROM) according to two body mass index (BMI) categories adjusted for gender, age and Western Ontario and McMaster Universities Arthritis Index (WOMAC) pain improvement

| Linear regression analyses | Coefficient univariable model | 95% CI | p-value | Coefficient multivariable model | 95% CI | p-value |
|------------------------------------|----------------------------------|------------------|---------|------------------------------------|------------------|---------|
| Model for Gait speed - Gain | | | | | | |
| BMI (≥ 30) | -0.04 | [-0.12 - 0.04] | 0.353 | -0.07 | [-0.16 - 0.02] | 0.117 |
| Gender (Women=1) | 0.04 | [-0.05 - 0.12] | 0.376 | 0.04 | [-0.03 - 0.14] | 0.238 |
| Age | 0 | [-0.007-0.04] | 0.509 | 0 | [-0.01- 0.003] | 0.336 |
| WOMAC pain improvement | 0 | [-0.001 - 0.004] | 0.246 | 0 | [-0.001 - 0.004] | 0.135 |
| Model for Knee ROM - Gain | | | | | | |
| BMI (≥ 30) | 0.29 | [-3.00 - 3.59] | 0.861 | -0.26 | [-3.79 - 3.30] | 0.891 |
| Gender (Women=1) | 1.77 | [-1.61 - 5.16] | 0.301 | 1.78 | [-1.72 - 5.30] | 0.314 |
| Age | 0.01 | [-0.20 - 0.24] | 0.896 | 0 | [-0.23 - 0.23] | 0.982 |
| WOMAC pain improvement | 0.03 | [-0.05 - 0.10] | 0.479 | 0.02 | [-0.05 - 0.11] | 0.479 |

Figure legends

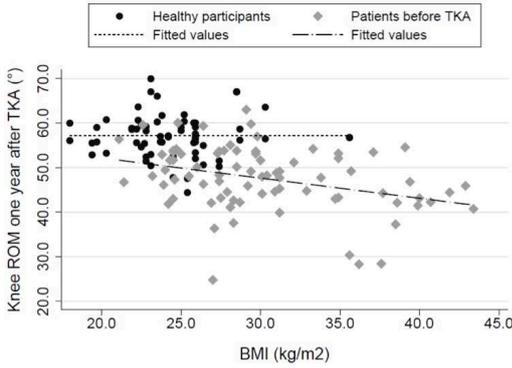
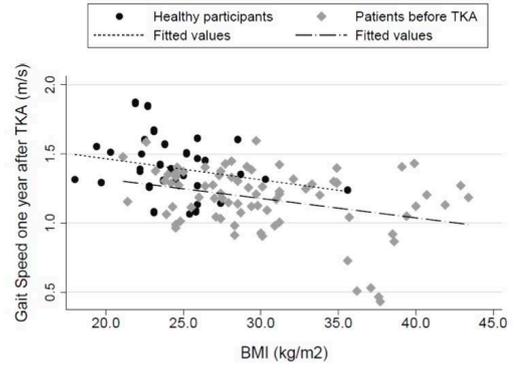
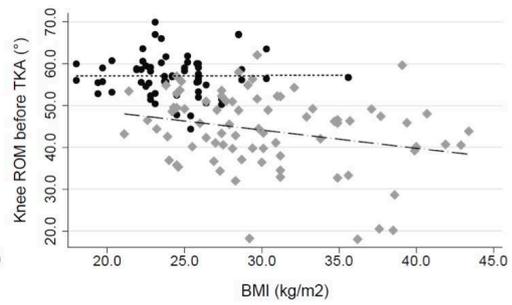
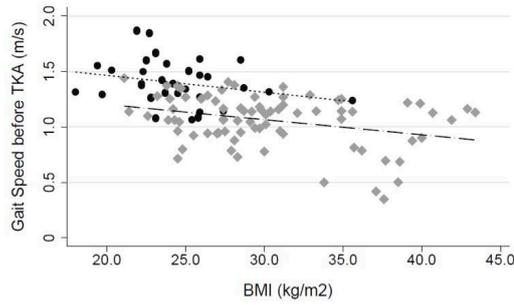
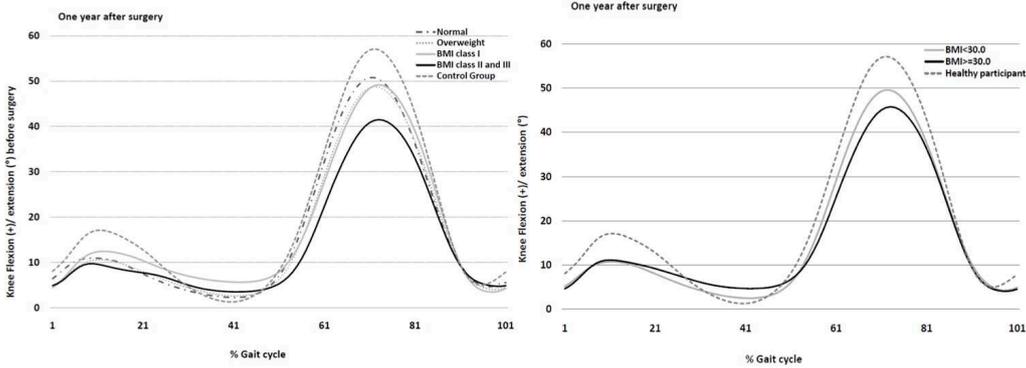
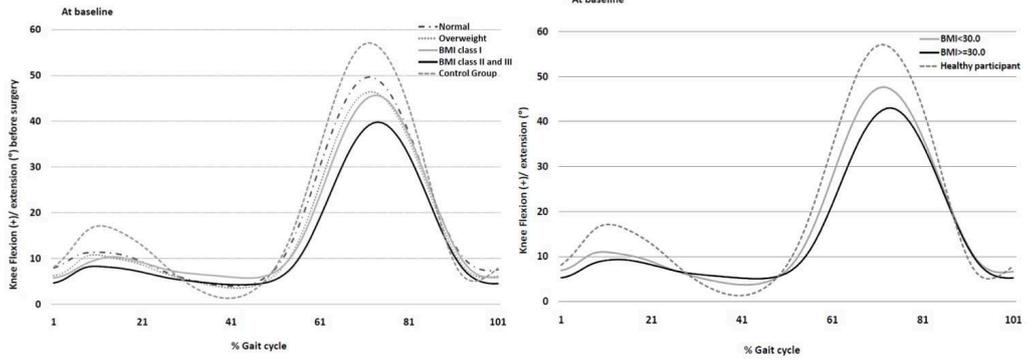
ACCEPTED MANUSCRIPT

Figure 1.

Knee kinematic in the sagittal plane during the gait cycle (knee flexion/extension in degree) for patient groups in function of their BMI at baseline and one year after surgery.

Figure 2.

Gait speed (m/s) and body mass index (BMI in kg/m²) before and one year after total knee arthroplasty (TKA) as well as Knee range of motion (ROM in degrees) in the sagittal plane and body mass index (BMI in kg/m²) before and one year after total knee arthroplasty (TKA).



**Annexe 3 : Influence of body mass index on sagittal hip range of motion and gait speed recovery 6 months after total hip arthroplasty.
(Soumis à International Orthopedics en juillet 2018)**

**INFLUENCE OF BODY MASS INDEX ON SAGITTAL HIP RANGE OF MOTION
AND GAIT SPEED RECOVERY SIX MONTHS AFTER TOTAL HIP
ARTHROPLASTY**

P. MARTZ^{1,4}, A. BOURREDJEM², JF. MAILLEFERT⁴, C. BINQUET², E. BAULOT^{1,4},
P. ORNETTI^{4,5}, D. LAROCHE³

¹ *Dijon university hospital, Department of Orthopaedic surgery, Dijon, France*

² *INSERM, CIC1432, Clinical Epidemiology unit, Dijon, France ; Dijon University Hospital, Clinical Investigation Centre, Clinical Epidemiology; Clinical trials unit, Dijon, France*

³ *INSERM, CIC1432, Plurithematic unit, Technologic Investigation Platform, Dijon, France ; Dijon University Hospital, Clinical Investigation Centre, Technological Investigation Platform, Dijon, France*

⁴ *INSERM, U1093, CAPS, Dijon, France; Burgundy university, U1093, Dijon, France*

⁵ *Dijon university hospital, Department of Rheumatology, Dijon, France*

Financial biases: None

IRB/Ethical Committee approval: The study protocol was approved by the local ethics committee (CPP Est 1. Dijon. France). It was conducted in accordance with the principles of good clinical practice and the declaration of Helsinki, and it is referenced in the clinical trials website: NCT02042586.

Type of manuscript: original article

Abstract word count: 253 words

Word count text only: 2359 words

Correspondence and reprints:

PIERRE MARTZ,
Department of Orthopaedic surgery
CHU Dijon, 14 rue Paul Gaffarel, 21079 Dijon CEDEX,
France
Tel : 03 80 20 30 31
Fax : 03 80 29 36 58
martzpierre@icloud.com

Abstract

Purpose: In practice, obesity leads to poor functional outcomes after total hip arthroplasty (THA). However, in clinical research, the influence of body mass index (BMI) on the gait recovery and kinematics for THA is not well documented. The purpose of this study was to assess the influence of BMI on gait parameters preoperatively and 6 months after THA for hip osteoarthritis (OA) patients.

Methods: We included 76 THA for hip OA: Non-obese group (G1): 49 (BMI <30 kg/m²) and Obese group (G2): 37 (BMI ≥ 30 kg/m²) with a control group of 61 healthy people. Clinical evaluation (HOOS) and a 3D gait analysis (gait speed and flexion range of the hip (ROM)) were performed before and 6 months after THA: The gains between the two visits were calculated and we looked for correlations between outcomes and BMI.

Results: Preoperative gait speed and hip ROM were significantly lower in obese patients (speed G1: 0.81±0.22m/s vs. G2: 0.64±0.23m/s, p=0.004 and hip ROM G1: 26.1°±7.3 vs. G2: 21.4°±6.6, p=0.005), and obese patients were more symptomatic. At 6 months, gait speed and hip ROM were significantly lower for all patients compared with the control group. No correlation between gait velocity, hip ROM and BMI was found. Biomechanical and clinical gains were comparable in the two groups.

Conclusions: All patients, including obese patients, have significant functional improvement after THA, objectively assessed by gait speed. Even if patients did not fully recover to the level of a healthy control person after THA, functional gain is comparable irrespective of BMI.

Level of evidence: II, prospective comparative study.

Keywords: Gait analysis; Total Hip Arthroplasty; Obese; BMI; Biomechanics

Introduction

Overweight and obesity are well-known risk factors for osteoarthritis (OA). However, the relationship between BMI and OA is weaker for hip OA than for knee or hand OA [1]. However, several recent studies [2] highlight the influence of overweight on hip OA incidence and burden in developed countries [3]. It is widely recognized in the literature that THA remains challenging in obese patients and can be associated with higher preoperative and postoperative complication rates in terms of dislocation (except if dual mobility device is used [4]), deep infection, blood loss, venous thromboembolism and higher risk of revision surgery [5–8]. In terms of biomechanical issues, obesity is associated with lower hip Range of Motion (ROM) [9, 10] and reduction in gait speed [11].

However, little is known about the impact of obesity on functional recovery in hip OA patients and the published results remain controversial. Some authors have shown equivalent [12, 13] and others worse functional subjective scores [14, 15] in obese patients compared to non-obese patients. In this context, quantified gait analysis could be a valuable tool to assess functional recovery after THA. Some authors have shown a strong correlation between clinical outcomes and gait variables especially for gait speed and sagittal hip range of motion (ROM) [9]. To date, no study has explored the influence of BMI on gait recovery after THA by means of both clinical and biomechanical assessment.

The objective of the current study was to assess the influence of BMI on sagittal hip ROM and gait speed, preoperatively and at 6 months after THA. We hypothesized that obesity (BMI > 30 kg/m²) would be associated with a lower gait recovery.

Materials and methods

Inclusion criteria and control group

Seventy-six patients scheduled for a THA for symptomatic, end-stage hip OA and willing to participate were included in this study. The inclusion criteria were as follows: men or women aged 40 to 85 years, presenting with unilateral symptomatic hip OA, defined according to American College of Rheumatology criteria [16] and for whom THA was decided by the surgeon. All patients had to accept a standardized rehabilitation protocol in a specialized center after THA (3 weeks). Patients suffering from rheumatic or neuromuscular diseases that could interfere with gait analysis and patients who had already undergone lower-limb surgery were systematically excluded. Sixty-one matched healthy subjects without clinical signs of hip OA and without BMI >30 kg/m² were recruited as a control group (CG) after informed consent.

The study protocol was approved by the local ethics committee (CPP Est 1. Dijon. France). All participants (patients and volunteers) included in this study provided written consent. It was conducted in accordance with the principles of good clinical practice and the declaration of Helsinki, and it is referenced in the clinical trials website: NCT02042586.

Body Mass index

According to the World Health Organization criteria (WHO, 2000), patients were classified into four groups:

BMI <25 kg/m² (BMI I), 25 <BMI <29.9 kg/m² (BMI II), 30.0 <BMI <34.9 kg/m² (BMI III) and BMI over 35.0 kg/m² (BMI IV). These four groups were used in the first analysis. Because of the small sample for each BMI category, two groups were defined in the final analysis: BMI <30 kg/m² (G1) and BMI > 30 kg/m² (G2).

Surgical procedure and postoperative management

All 76 patients recruited for the study underwent THA as scheduled. The choice of the approach and the implant were dependent on the surgeon (each surgeon exclusively used one technique) without selection or randomization of patients so as not to modify usual surgical practices. Patients were thus operated on by an orthopedic surgeon experienced in one of the following approaches: posterolateral, lateral or minimally invasive anterolateral. All of the implants were uncemented THA with a dual-mobility cup: Tregor[®] from Aston Medical (Saint Etienne, France) or Sunfit[®] (or Novae E[®]) from SERF (Decines, France) and femoral stems: Symetric[®] from Aston Medical or XO[®] from SEM (Montrouge, France).

Gait analysis and kinematics outcomes

Gait recovery is defined as the significant improvement of computed gait parameters after surgery. To assess this recovery, a quantified 3D gait analysis was performed at two separate visits (D0 and D180) on a specific platform with a 12-camera motion analysis system (VICON Peak, Oxford, UK). Passive markers were placed on the patient in accordance with the model defined by the conventional gait model supplied with the VICON[®] movement analysis system. This system makes it possible to quantify the movements of different segments and joints in all three dimensions for every joint of the lower limb. Data were recorded at a frequency of 100Hz. Gaps of less than 20 points were filled and data were then filtered with a Woltring filter, supplied with the acquisition equipment. For D0 and D180 evaluations, patients carried out the test at their preferred walking speed as follows: walk bare-footed along the predetermined path (~ 6 m) marked in a corridor 15 times with eyes open.

The following parameters were then extracted from previous reconstructed data using Matlab (The Mathworks, USA) custom software and the biomechanical toolbox [17]: walking speed (m/s) and active range of motion (ROM) of the hip in the sagittal (flexion-extension) plane.

The same 3D gait protocol was performed in the control group of 61 healthy people with a mean age of 65.5 \pm 9.3 years and a mean BMI of 25.2 \pm 3.8 kg/m².

Clinical outcomes

Demographic data (age, sex, BMI), radiological severity according to Kellgren and Lawrence [18] and the American Society of Anesthesiology (ASA) score were collected at baseline. At each visit, before surgery (D0) and at 6 months (D180), pain levels and functional disability were obtained using the visual analogic scale (VAS) for pain (0-10, min-max) [17], and the five domains of the Hip disability and Osteoarthritis Outcome Score (HOOS) (pain, symptoms and stiffness, activity daily living (ADL), sports and recreational function (SR), Hip related quality of life (HRQOL)) scored out of 100 [19]. The level of satisfaction was assessed by using the percentage of patients reaching the PASS (Patient Acceptable Symptomatic State) at D180 with validated cut-offs for VAS scores (VAS<35) and HOOS function (HOOS function ADL >65) [20]. The following peroperative data were also collected: blood loss, incision length and surgery duration.

Statistical analysis

Means and standard deviations (SD) were calculated for continuous baseline demographic characteristics and peroperative data in both the control group and the BMI groups. Frequencies and percentages were calculated for qualitative variables. To identify potential confounding factors, all baseline data were compared between the BMI groups using the Student test for quantitative variables and Chi² or the Fisher exact test for qualitative variables.

The recovery gain was computed as the D180-D0 differences for clinical and biomechanical continuous variables. Significance was systematically assessed using paired student tests. Significant differences were considered as dependent variables (outcomes). Bivariate analyses,

using Student tests, were done to compare several outcomes according to BMI group. To assess the effect of BMI on the kinematic outcomes (gait speed and hip flexion ROM), multivariate linear regression analysis was performed and adjusted for BMI, gender and HOOS symptoms/stiffness. The same analysis was performed to assess changes to PASS (HOOS function ADL and VAS). Statistical significance was fixed at $p < 0.05$ (two-sided). Preliminary analyses were conducted to ensure the assumptions of multicollinearity and homoscedasticity were maintained. To interpret the results, the effect size of Cohen was calculated as the mean unadjusted difference divided by the pooled SD of corresponding mean parameters [21]. An effect size of $r < 0.20$ is considered trivial, $0.2 \leq r \leq 0.5$ is considered small, $0.5 \leq r \leq 0.8$ is considered moderate and $r \geq 0.8$ is considered large. Statistical analyses were performed with STATA software, version 13.1 (StataCorp LP, College Station, Texas, USA). All statistical analyses were carried out with SAS 9.4 software

Results

Patient characteristics

Table 1 summarizes healthy volunteer and patient characteristics at baseline and peroperative data according to BMI categories for hip OA patients. Except for the BMI, the groups did not differ significantly with respect to their gender distribution and age.

Kinematic outcomes

At baseline, gait speed and sagittal hip ROM were significantly lower in the obese group as compared to the non-obese group (Table 2). From baseline to 6 months after THA, gait speed and hip ROM significantly improved in obese and non-obese patients with a similar gain in the

two groups: 0.16 ± 0.20 m/s and 0.13 ± 0.17 m/s ($p=0.68$), respectively. Hip kinematics during an entire gait cycle are shown in Figure 1 according to the two BMI groups at D0 and D180. Hip flexion ROM during gait in both groups of patients was significantly lower at baseline and 6 months after surgery with lower range of motion and lower flexion and extension peak for the highest BMI group (Table 2 and Figure 1). Similarly, gait speed was significantly lower for both non-obese and obese patients than in healthy participants (1.12 ± 0.16 m/s) at baseline and 6 months after surgery ($p\text{-value} < 0.001$).

Clinical outcomes

At baseline, obese patients were more symptomatic than non-obese patients in all the domains of the HOOS except for HOOS SR and the VAS pain scale (Table 3). Both groups improved significantly from baseline to 6 months after surgery (five domains of HOOS, VAS pain, PASS HOOS and PASS VAS pain) and the magnitude of the improvement (effect size) were similar. For HOOS symptoms/stiffness and VAS pain, a significantly larger improvement was seen in the obese group (gain in HOOS symptoms BMI <30 : 39.3 ± 18.8 vs. BMI ≥ 30 : 48 ± 22.5 , effect size: 0.4; $p=0.034$, and gain in VAS pain BMI <30 : 5.4 ± 2.4 vs. BMI ≥ 30 : 6.5 ± 2.3 , effect size: 0.5; $p=0.049$).

At D180, 86% of non-obese patients reached the HOOS PASS (HOOS symptoms/stiffness >65) and 88% reached the VAS PASS (VAS >35) whereas only 67% of obese patients reached the HOOS PASS, although 93% reached the VAS PASS, and there was no significant difference between groups (Table 3).

Multivariable linear regression analyses

Multivariate linear regression (Table 4) with adjustments did not show any significant association between BMI and gains in gait speed ($r = 0.026$, Std Error 0.04; $p = 0.56$), and between BMI and hip ROM gain ($r = 1.06$, Std error 1.36; $p = 0.44$).

Discussion

The results of this study demonstrate that patients significantly improved their biomechanical and clinical outcomes 6 months after surgery, irrespective of their BMI, but did not reach the functional condition of healthy individuals. It seems, therefore, that obesity does not have an adverse effect on functional gait recovery as hypothesized. Indeed, despite more severe symptoms before THA, obese patients saw functional improvement which was comparable to non-obese patients, objectively assessed by 3D gait analysis.

Some open-label studies have assessed gait recovery after THA, according to different approaches and at different follow-up times [22–24], but to our knowledge this one is the first to evaluate the association between obesity and gait functional recovery in terms of hip ROM and gait speed 6 months after THA. Foucher et al. found that obesity could be predictive of lower gait kinematics after THA without a clear assessment of the impact and the correlation between clinical and biomechanical recovery according to obesity [25]. Our results are in accordance with previous studies which showed a decrease in hip ROM during gait and gait speed compared to healthy patients despite improvements in pain (VAS) and function scores (HOOS). We also confirmed a previous meta-analysis that found improvement after surgery but patients did not regain healthy control values [26]. For many authors, patients with THA never completely recover normal gait even after 10 years of follow-up [27].

Though all patients presented altered gait parameters before surgery compared to healthy control group, obese patients had significantly poorer gait performances (Figure 1). Similar gains were seen in both groups after THA, but gait performance in the obese remained significantly lower at 6 months, in particular for hip ROM and gait speed [28],

The relationship between clinical and biomechanical outcomes after THA have been reported in some previous studies [9, 25], but the literature data concerning the impact of obesity on functional outcomes after THA is controversial and the same [13, 29] or worse [14] clinical outcomes for obese patients have been reported based on various clinical scores and tests. Even though obese patients tend to have more pronounced symptoms before surgery [30] and have worse postoperative clinical outcomes in absolute values, we confirmed that relative functional gain is comparable to non-obese patients in terms of passive hip ROM and in HHS, with a high effect size (>0.8) in accordance with the current literature [21]. This was highlighted by the percentage of patients reaching the PASS VAS and the PASS HOOS irrespective of BMI.

Despite the well-known differences between the influence of obesity on knee and hip osteoarthritis [1], a study recently published with the Geneva Hospital team [31] comparing gait recovery after TKA depending on BMI found the same results as in the current study, suggesting that the impact of BMI on gait recovery after THA and TKA are quite similar.

One limitation of this study is that, given our population, we could not conduct an analysis with the 4 BMI categories. Another potential limitation is the artefacts due to the movements of the skin of obese patients during 3D gait analysis [32]. This could affect the accuracy of hip ROM measurements even if a recent study has shown that the reliability of gait analysis in obese

patient might be sufficient [33]. Finally, the last limitation is that our control group was not matched for BMI.

Conclusion

To our knowledge, this is the first study to explore the relationship between obesity and functional performance using both subjective (HOOS) and objective methods (hip ROM and gait speed) 6 months after THA. Though they do not reach the functional capacities of a healthy person, all patients showed the same magnitude of improvement on both biomechanical and clinical outcomes regardless of BMI. This is a major point of interest for decision-making in hip OA, and clinicians should not consider obesity as a serious impediment for recovery after total hip replacement even if there is a greater risk of peroperative and postoperative complications.

Conflict of interest

Authors declare that they have no conflict of interest.

References

1. Grotle M, Hagen KB, Natvig B, Dahl FA, Kvien TK (2008) Obesity and osteoarthritis in knee, hip and/or hand: An epidemiological study in the general population with 10 years follow-up. *BMC Musculoskelet Disord* 9:132 . doi: 10.1186/1471-2474-9-132
2. Reyes C, Leyland KM, Peat G, Cooper C, Arden NK, Prieto-Alhambra D (2016) Association between overweight and obesity and risk of clinically diagnosed knee, hip, and hand osteoarthritis: a population-based cohort study. *Arthritis Rheumatol* Hoboken NJ 68:1869–1875 . doi: 10.1002/art.39707
3. Kiadaliri AA, Lohmander LS, Moradi-Lakeh M, Petersson IF, Englund M (2017) High and rising burden of hip and knee osteoarthritis in the Nordic region, 1990-2015. *Acta Orthop* 1–7 . doi: 10.1080/17453674.2017.1404791
4. Maisongrosse P, Lepage B, Cavaignac E, Pailhe R, Reina N, Chiron P, Laffosse J-M (2014) Obesity is no longer a risk factor for dislocation after total hip arthroplasty with a double-mobility cup. *Int Orthop*. doi: 10.1007/s00264-014-2612-7
5. Haverkamp D, Klinkenbijn MN, Somford MP, Albers GHR, van der Vis HM (2011) Obesity in total hip arthroplasty—does it really matter? *Acta Orthop* 82:417–422 . doi: 10.3109/17453674.2011.588859
6. Memtsoudis SG, Besculides MC, Gaber L, Liu S, González Della Valle A (2009) Risk factors for pulmonary embolism after hip and knee arthroplasty: a population-based study. *Int Orthop* 33:1739–1745 . doi: 10.1007/s00264-008-0659-z
7. Schwartz BE, Piponov HI, Helder CW, Mayers WF, Gonzalez MH (2016) Revision total hip arthroplasty in the United States: national trends and in-hospital outcomes. *Int Orthop* 40:1793–1802 . doi: 10.1007/s00264-016-3121-7
8. Ma Z, Guo F, Qi J, Xiang W, Zhang J (2016) Meta-analysis shows that obesity may be a significant risk factor for prosthetic joint infections. *Int Orthop* 40:659–667 . doi: 10.1007/s00264-015-2914-4
9. Behery OA, Foucher KC (2014) Are Harris Hip Scores and Gait Mechanics Related Before and After THA? *Clin Orthop* 472:3452–3461 . doi: 10.1007/s11999-014-3886-1
10. Hayashi S, Nishiyama T, Fujishiro T, Hashimoto S, Kanzaki N, Nishida K, Kurosaka M (2012) Obese patients may have more soft tissue impingement following primary total hip arthroplasty. *Int Orthop* 36:2419–2423 . doi: 10.1007/s00264-012-1701-8
11. Runhaar J, Koes BW, Clockaerts S, Bierma-Zeinstra SMA (2011) A systematic review on changed biomechanics of lower extremities in obese individuals: a possible role in development of osteoarthritis. *Obes Rev Off J Int Assoc Study Obes* 12:1071–1082 . doi: 10.1111/j.1467-789X.2011.00916.x
12. Ibrahim T, Hobson S, Beiri A, Esler CN (2005) No influence of body mass index on early outcome following total hip arthroplasty. *Int Orthop* 29:359–361 . doi: 10.1007/s00264-005-0012-8

13. Kim Y-H, Park J-W, Kim J-S (2014) Outcome of an ultrashort metaphyseal-fitting anatomic cementless stem in highly active obese and non-obese patients. *Int Orthop*. doi: 10.1007/s00264-014-2520-x
14. Judge A, Batra RN, Thomas GE, Beard D, Javaid MK, Murray DW, Dieppe PA, Dreinhofer KE, Peter-Guenther K, Field R, Cooper C, Arden NK (2014) Body mass index is not a clinically meaningful predictor of patient reported outcomes of primary hip replacement surgery: prospective cohort study. *Osteoarthr Cartil OARS Osteoarthr Res Soc* 22:431–439 . doi: 10.1016/j.joca.2013.12.018
15. Yeung E, Jackson M, Sexton S, Walter W, Zicat B, Walter W (2011) The effect of obesity on the outcome of hip and knee arthroplasty. *Int Orthop* 35:929–934 . doi: 10.1007/s00264-010-1051-3
16. Bierma-Zeinstra S, Bohnen A, Ginai A, Prins A, Verhaar J (1999) Validity of American College of Rheumatology criteria for diagnosing hip osteoarthritis in primary care research. *J Rheumatol* 26:1129–1133
17. Barre A, Armand S (2014) Biomechanical ToolKit: Open-source framework to visualize and process biomechanical data. *Comput Methods Programs Biomed* 114:80–87 . doi: 10.1016/j.cmpb.2014.01.012
18. Kellgren JH, Lawrence JS (1957) Radiological Assessment of Osteo-Arthrosis. *Ann Rheum Dis* 16:494–502
19. Ornetti P, Parratte S, Gossec L, Tavernier C, Argenson J-N, Roos EM, Guillemin F, Maillefert JF (2010) Cross-cultural adaptation and validation of the French version of the Hip disability and Osteoarthritis Outcome Score (HOOS) in hip osteoarthritis patients. *Osteoarthritis Cartilage* 18:522–529 . doi: 10.1016/j.joca.2009.12.007
20. Tubach F (2005) Evaluation of clinically relevant states in patient reported outcomes in knee and hip osteoarthritis: the patient acceptable symptom state. *Ann Rheum Dis* 64:34–37 . doi: 10.1136/ard.2004.023028
21. Cohen J (1988) *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. L. Erlbaum Associates
22. Martz P, Bourredjem A, Laroche D, Arcens M, Labattut L, Binquet C, Maillefert J-F, Baulot E, Ornetti P (2017) Röttinger approach with dual-mobility cup to improve functional recovery in hip osteoarthritis patients: biomechanical and clinical follow-up. *Int Orthop* 41:461–467 . doi: 10.1007/s00264-016-3245-9
23. Bennett D, Ryan P, O'Brien S, Beverland DE (2017) Gait kinetics of total hip replacement patients—A large scale, long-term follow-up study. *Gait Posture* 53:173–178 . doi: 10.1016/j.gaitpost.2017.01.014
24. Ewen AM, Stewart S, St Clair Gibson A, Kashyap SN, Caplan N (2012) Post-operative gait analysis in total hip replacement patients—A review of current literature and meta-analysis. *Gait Posture* 36:1–6 . doi: 10.1016/j.gaitpost.2011.12.024

25. Foucher KC, Freels S (2015) Preoperative factors associated with postoperative gait kinematics and kinetics after total hip arthroplasty. *Osteoarthritis Cartilage* 23:1685–1694 . doi: 10.1016/j.joca.2015.05.005
26. Kolk S, Minten MJM, van Bon GEA, Rijnen WH, Geurts ACH, Verdonschot N, Weerdesteyn V (2014) Gait and gait-related activities of daily living after total hip arthroplasty: a systematic review. *Clin Biomech Bristol Avon* 29:705–718 . doi: 10.1016/j.clinbiomech.2014.05.008
27. Bennett D, Humphreys L, O'Brien S, Kelly C, Orr JF, Beverland DE (2008) Gait kinematics of age-stratified hip replacement patients—A large scale, long-term follow-up study. *Gait Posture* 28:194–200 . doi: 10.1016/j.gaitpost.2007.11.010
28. Ko S, Stenholm S, Ferrucci L (2010) Characteristic Gait Patterns in Older Adults with Obesity - Results from the Baltimore Longitudinal Study of Aging. *J Biomech* 43:1104–1110 . doi: 10.1016/j.jbiomech.2009.12.004
29. Michalka PKR, Khan RJK, Scaddan MC, Haebich S, Chirodian N, Wimhurst JA (2012) The influence of obesity on early outcomes in primary hip arthroplasty. *J Arthroplasty* 27:391–396 . doi: 10.1016/j.arth.2011.05.012
30. Lübbecke A, Duc S, Garavaglia G, Finckh A, Hoffmeyer P (2009) BMI and Severity of Clinical and Radiographic Signs of Hip Osteoarthritis. *Obesity*. doi: 10.1038/oby.2008.663
31. Bonnefoy-Mazure A, Martz P, Armand S, Sagawa Junior Y, Suva D, Turcot K, Miozzari HH, Lübbecke A Influence of Body Mass Index on Sagittal Knee Range of Motion and Gait Speed Recovery One Year after Total Knee Arthroplasty. *J Arthroplasty*. doi: 10.1016/j.arth.2017.03.008
32. Camomilla V, Bonci T, Cappozzo A (2017) Soft tissue displacement over pelvic anatomical landmarks during 3-D hip movements. *J Biomech* 62:14–20 . doi: 10.1016/j.jbiomech.2017.01.013
33. Horsak B, Schwab C, Clemens C, Baca A, Greber-Platzer S, Kreissl A, Kranzl A (2018) Is the reliability of 3D kinematics of young obese participants dependent on the hip joint center localization method used? *Gait Posture* 59:65–70 . doi: 10.1016/j.gaitpost.2017.09.029

Table 1: Clinical characteristics at baseline and operative data for the two groups of BMI patients.

BMI is the body mass index. ASA score is American Society of Anesthesiologists score

**controls were not significantly different from cases in term of sex and age (p=1 and 0.33)*

***BMI of controls was comparable to BMI of cases G1 (p=0.89) but significantly different from BMI of cases G2 (p<0.001)*

| | Healthy group | Patients | | p G1 vs G2 |
|---|---------------|---------------|---------------|------------|
| | | G1 < 30 kg/m2 | G2 ≥ 30 kg/m2 | |
| | N=61 | N=49 | N=27 | |
| Women* | 54% | 59% | 44% | 0.24 |
| Age (years)* | 65.4 (9) | 67.6 (9.7) | 65.6 (8.6) | 0.31 |
| BMI (kg/m²) | 25.2 (3.8) | 25.4 (2.5) | 34.3(4.4) | <0.001** |
| Kellgren and Lawrence Radiographic Stage | | | | 0.47 |
| Stage II | | 14 (29%) | 5 (19%) | |
| Stage III | | 19 (39%) | 14 (53%) | |
| Stage IV | | 16 (32%) | 8 (28%) | |
| ASA score | | | | 0.06 |
| 01-02 | | 48 (98%) | 23 (85%) | |
| 03 | | 1 (2%) | 4 (15%) | |
| Duration of surgery (min) | | 67.4 (19.7) | 78.6 (22.3) | 0.01 |
| Blood loss (ml) | | 528.7 (293) | 509.6 (286) | 0.56 |
| Skin incision (cm) | | 10.7 (1.97) | 13.2 (2.66) | <0.001 |
| Approach | | | | 0.12 |
| Postero-lateral | | 19 (39%) | 13(48%) | |
| Lateral | | 2 (4%) | 4 (15%) | |
| Antero-Lateral | | 28 (57%) | 10 (37%) | |

Table 2: Comparison of kinematic outcomes

Mean and standard deviation (SD) obtained for the two groups of BMI patients (G1 and G2) at baseline and 6 months after surgery. The gain is presented as the difference between values at 6 months and at baseline.

| | BMI categories | | | | | | | | | | |
|---------------------------------|-------------------------|------|------------------|-------------|------|--------------------------|------------------|-------------|---------------|-------------------|----------|
| | <30.0 kg/m ² | | | | | ≥ 30.0 kg/m ² | | | | | |
| | G1 n = 49 | | | | | G2 n = 27 | | | | | G1 vs G2 |
| | mean | SD | p value | Effect size | mean | SD | p value | Effect size | p value G1/G2 | Effect size G1/G2 | |
| Gait Velocity (m/s) | | | | | | | | | | | |
| At baseline | 0,81 | 0,22 | | | 0,64 | 0,23 | | | 0,004 | -0,76 | |
| Six months after surgery | 0,95 | 0,22 | <0,001 | 0,6 | 0,81 | 0,21 | <0,001 | 0,8 | 0,015 | -0,65 | |
| Gain | 0.13 | 0.17 | | | 0.16 | 0.2 | | | 0,68 | 0,17 | |
| Flexion range (°) | | | | | | | | | | | |
| At baseline | 26,1 | 7,3 | | | 21,4 | 6,6 | | | 0,005 | -0,67 | |
| Six months after surgery | 34,2 | 6,6 | <0,001 | 1,2 | 30,8 | 5,5 | <0,001 | 1,5 | 0,035 | -0,55 | |
| Gain | 8,1 | 5,3 | | | 9,4 | 6,5 | | | 0,42 | 0,23 | |

Table 3: Comparison of clinical outcomes

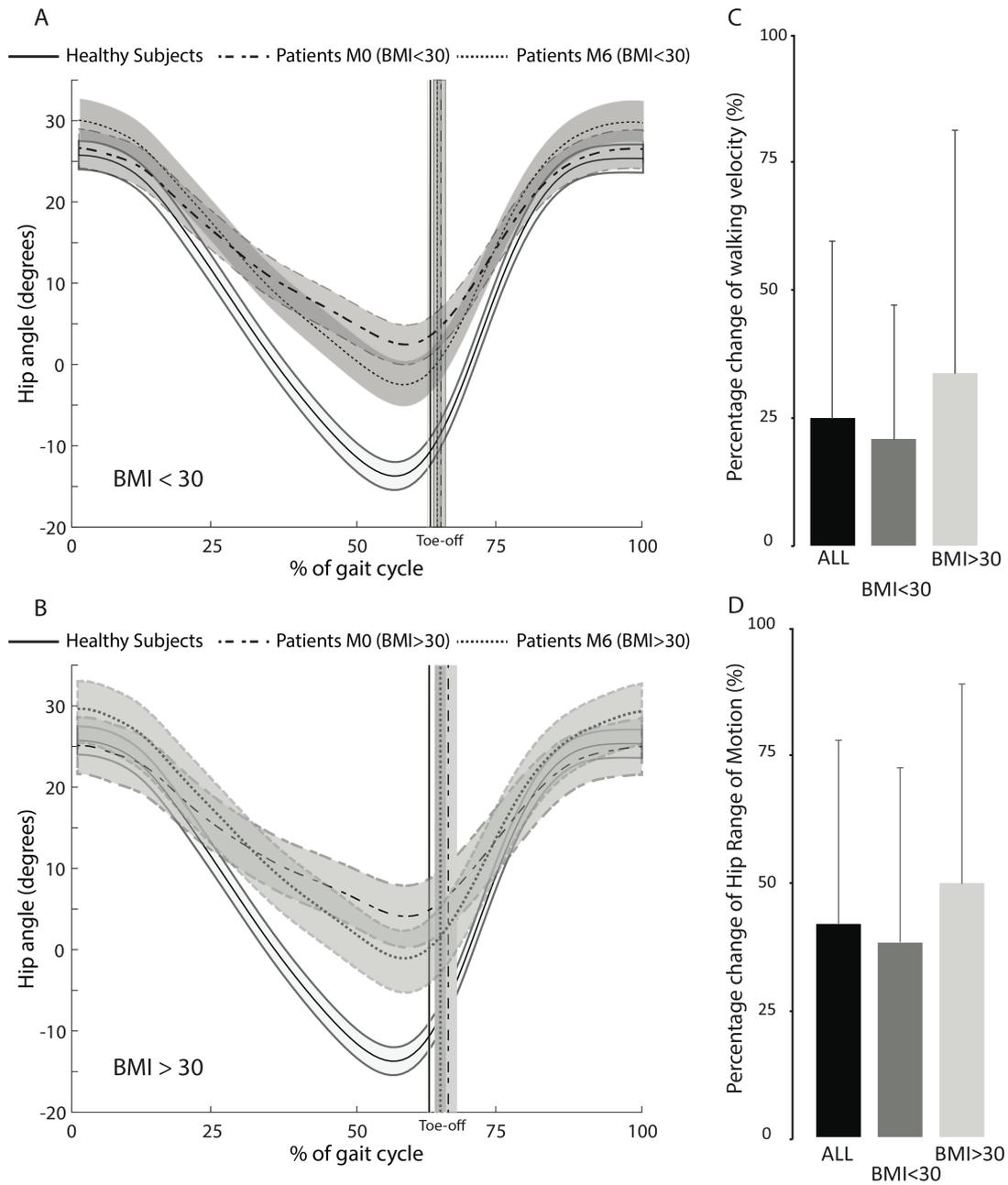
Mean and standard deviation (SD) with confidence interval (CI) obtained for the two groups of BMI patients (G1 and G2) at baseline and 6 months after surgery. The gain is presented as the difference between values at 6 months and at baseline. F is female and M is male. HOOS is Hip Osteoarthritis Outcome Score with five subscales : symptoms, pain, Activities of Daily Living (ADL), Sport and recreation function (SR), Hip Related Quality of life (HRQOL) and VAS is the visual Analogue Scale. PASS : Patient Acceptable Symptom State

| | BMI categories | | | | | | | | | | | |
|---|-------------------------|------|------------------|-------------|------|--------------------------|------------------|-------------|---------------|-------------------|-------------|-------|
| | <30.0 kg/m ² | | | | | ≥ 30.0 kg/m ² | | | | | | |
| | G1 (n=49) | | | | | G2 (n=27) | | | | | | |
| | mean | SD | p value | effect size | mean | SD | p value | effect size | p value G1/G2 | effect size G1/G2 | | |
| HOOS pain | | | | | | | | | | | | |
| At baseline | 42,9 | 15,3 | <0,001 | 2,7 | 33 | 15 | <0,001 | 3,5 | 0,03 | -0,65 | | |
| D180 | 84,3 | 14,6 | | | 85,7 | 14,5 | | | | | 0,71 | 0,10 |
| Gain | 43,5 | 19,2 | | | 51,9 | 21,4 | | | | | 0,08 | 0,42 |
| HOOS symptoms | | | | | | | | | | | | |
| At baseline | 45 | 15,8 | <0,001 | 2,6 | 33,5 | 19 | <0,001 | 2,6 | 0,01 | -0,68 | | |
| D180 | 84,3 | 14,6 | | | 81,5 | 17 | | | | | 0,55 | -0,18 |
| Gain | 39,3 | 18,8 | | | 48 | 22,5 | | | | | 0,03 | 0,43 |
| HOOS ADL | | | | | | | | | | | | |
| At baseline | 41,2 | 14,3 | <0,001 | 2,8 | 32,3 | 15 | <0,001 | 2,8 | 0,02 | -0,61 | | |
| D180 | 83,8 | 15,8 | | | 76,7 | 16,6 | | | | | 0,04 | -0,44 |
| Gain | 42,7 | 19,3 | | | 43,7 | 19,9 | | | | | 0,83 | 0,05 |
| HOOS SR | | | | | | | | | | | | |
| At baseline | 25 | 16,9 | <0,001 | 2,4 | 22,2 | 19 | <0,001 | 1,9 | 0,39 | -0,16 | | |
| D180 | 74 | 22,5 | | | 64,6 | 24,6 | | | | | 0,1 | -0,40 |
| Gain | 49 | 25,2 | | | 42,4 | 27,7 | | | | | 0,27 | -0,25 |
| HOOS HRQOL | | | | | | | | | | | | |
| At baseline | 29,5 | 20 | <0,001 | 2,6 | 19,9 | 18,3 | <0,001 | 3,5 | 0,04 | -0,49 | | |
| D180 | 83,4 | 20,5 | | | 81,9 | 16,6 | | | | | 0,5 | -0,08 |
| Gain | 54 | 26,9 | | | 62 | 21,6 | | | | | 0,25 | 0,32 |
| HOOS score total | | | | | | | | | | | | |
| At baseline | 36,7 | 12,9 | <0,001 | 3,1 | 28,1 | 15,7 | <0,001 | 3,2 | 0,01 | -0,59 | | |
| D180 | 82,4 | 16 | | | 78,1 | 14,5 | | | | | 0,12 | -0,28 |
| Gain | 45,7 | 18,5 | | | 49,6 | 19,1 | | | | | 0,37 | 0,21 |
| Hip pain (VAS) | | | | | | | | | | | | |
| At baseline | 6,6 | 2 | <0,001 | 2,9 | 7,4 | 1,3 | <0,001 | -4,0 | 0,12 | 0,45 | | |
| D180 | 1,2 | 1,7 | | | 1 | 1,8 | | | | | 0,44 | -0,12 |
| Gain | 5,4 | 2,4 | | | 6,5 | 2,3 | | | | | 0,05 | 0,47 |
| PASS HOOS (HOOS symptoms >65) | | | | | | | | | | | | |
| At baseline | 3 (6%) | | <0,001 | 1 (4%) | | <0,001 | 1 | | 0,08 | | | |
| D180 | 42 (86%) | | | 18 (67%) | | | | | | | | |
| PASS VAS (VAS Pain <3.5) | | | | | | | | | | | | |
| At baseline | 5 (10%) | | <0,001 | 0 (0%) | | <0,001 | 0,15 | | | | | |
| D180 | 43 (88%) | | | 25 (93%) | | | 0,41 | | | | | |

Table 4: Gain in gait speed and hip flexion ROM according to BMI adjusted for gender and HOOS symptoms gain

| Regression Models n=76 | Multivariate coefficients | Standard error | p-value |
|---|------------------------------|----------------|---------|
| Model for Gait speed - Gain | | | |
| Gender | 0.034 | 0,03 | 0.21 |
| BMI | 0.026 | 0,04 | 0.56 |
| HOOS Symptom gain | 0.002 | 0.001 | 0.06 |
| Model for Hip flexion ROM - Gain | | | |
| Gender | 1.6 | 0.85 | 0.06 |
| BMI | 1.06 | 1.36 | 0.44 |
| HOOS Symptom gain | 0.12 | 0.03 | 0.002 |

Figure 6: Kinematics of the hip in non-obese (A) and obese (B) patients. And improvement of walking speed (C) and sagittal hip range of motion (D) between day 0 and J180



Annexe 4 : Fiche de Lecture pour la revue systématique de la littérature

Numéro article :

Evaluateur : Pierre Matthieu

Références de l'article (Titre, Auteurs, Journal, Année)

Période d'étude :

Lieu (ville, pays) :

METHODOLOGIE

Type d'étude : Prospective Rétrospective
 Essai randomisé Cohorte Cas témoin

Critère de jugement principal : Récupération fonctionnelle : Oui Non : préciser le principal :

Chirurgie :

Intervention PTH Les deux PTG

| | |
|---|---|
| <p>Matériel Cimenté <input type="checkbox"/> Oui Nb : <input type="checkbox"/> Non Nb : <input type="checkbox"/> NP</p> <p>Mobilité <input type="checkbox"/> Simple Nb : <input type="checkbox"/> Double Nb : <input type="checkbox"/> NP</p> <p>Couple <input type="checkbox"/> Métal / PE <input type="checkbox"/> Céram / PE <input type="checkbox"/> Céram*2 <input type="checkbox"/> NP</p> <p>Tige <input type="checkbox"/> Courte Nb : <input type="checkbox"/> Longue Nb : <input type="checkbox"/> NP</p> | <p>Cimenté <input type="checkbox"/> Tibia Nb : <input type="checkbox"/> Fémur Nb : <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> NP</p> <p>Type <input type="checkbox"/> Glissement Nb : <input type="checkbox"/> Semi cont. Nb : <input type="checkbox"/> Charnière Nb : <input type="checkbox"/> NP</p> <p>↓ Nb : <input type="checkbox"/> Conserv. LCP <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> NP</p> <p>Plateau <input type="checkbox"/> Fixe <input type="checkbox"/> Mobile <input type="checkbox"/> NP</p> <p>Quille <input type="checkbox"/> Non Nb : <input type="checkbox"/> Tibiale Nb : <input type="checkbox"/> Fémorale Nb : <input type="checkbox"/> NP</p> |
|---|---|

Voie Antérieure Nb : Postérieure Nb : Latérale Nb : NP Parapatellaire Nb : Midvastus Nb : Subvastus Nb : Keblish Nb : NP

Opérateur : Unique Multiple Non précisé
 Centre : Monocentrique Multicentrique Non précisé

Risque de biais : faible modéré élevé → Préciser :

Niveau de preuve : Niveau 2 Niveau 3 Niveau 4

Numéro article :

Population : Critères d'inclusion explicites Oui Non Critères d'exclusion explicites Oui Non

Critères d'inclusion spécifiques ? : Sexe Age BMI Dégénératif Traumatique

Fractionnement de la population : selon OMS (obésité si BMI > 30) selon les normes asiatiques (obésité si BMI > 27)
 Plus précisément : 4 classes 3 classes Pas de subdivision obèse
 Autre :

Evaluation : Nombre d'observateur : Un Deux Plus Non précisé

Clinique :

- Hanche : WOMAC Oxford HS HOOS Harris PMA Flexion Extension RI RE
 Abd Add Autre :
- Genou : KSS objective KSS functional WOMAC Oxford KS KOOS IKDC Amp. pass. Flex Ext
 Autre :
- Non spécifique : SF12 SF36 EuroQOL index EuroQOL VAS Reprise du travail Reprise du sport
 Func. Reach T. Stairs Climb T. Timed Chair Rise T. Timed Up and Go T. Single Leg Stance 10-meter Walk T.
 Autre :

Biomécanique :

- Hanche : Vitesse Lg pas Tps S.Appui Tps D.Appui PMA
 Flexion/Ext Autre :
- Genou : Vitesse Lg pas Tps S.Appui Tps D.Appui PMA
 Flexion/Ext Autre :

Numéro article :

Recul minimum : Fin d'hospitalisation 3 mois 6 mois 9 mois 12 mois 18 mois 24 mois 36 mois
 Autre :

Suivi moyen (avec extrêmes) :

Comparaisons : Appariement : Oui Non
 Si Oui, sur quels facteurs : Sexe Age BMI Scores pré-op Autre :

Ajustements pré opératoires Oui Non
 Si Oui, sur quels facteurs : Sexe Age BMI Scores pré-op Autre :

Comparaisons des groupes testés : Oui Non
 Si Oui, sur quels facteurs : Sexe Age BMI Scores pré-op Autre :

Groupes comparables : Oui Non
 Si Non, sur quels critères : Sexe Age BMI Scores pré-op Autre :

Remarques sur l'évolution du poids durant l'étude : Oui Non

Groupe sujets témoins : Oui Non
 Si Oui : Inclus dans l'étude Hors étude
 ↳ Composition Sains Arthrosiques Prothésés BMI <25 Autre :

Comparabilité valable : Oui Non

Numéro article :

RESULTATS

Résultats présentés :

Différences scores bruts Post après comparaison des groupes en pré-op : Oui Non
 Comparaison de Deltas (Post-Pré) Oui Non
 Comparaison pré/post (peu d'intérêt pour notre étude) Oui Non

| Population et PdV (Nb - %) | Groupe contrôle | Groupe I | Groupe II | Groupe III | Groupe IV | p O/N |
|-----------------------------|-----------------|----------|-----------|------------|-----------|-------|
| Pop en intention de traiter | | | | | | |
| Pop pré op | | | | | | |
| Pop post op | | | | | | |
| Pop à | | | | | | |
| Pop à | | | | | | |
| Pop à | | | | | | |
| Pop à | | | | | | |
| Pop à | | | | | | |
| Pop à | | | | | | |

Numéro article :

| Score : | Groupe contrôle | Groupe I | Groupe II | Groupe III | Groupe IV | p O/N |
|---------------|-----------------|----------|-----------|------------|-----------|-------|
| Effectif | | | | | | |
| Score pré op | | | | | | |
| Score post op | | | | | | |
| Score à | | | | | | |
| Score à | | | | | | |
| Score à | | | | | | |
| Score à | | | | | | |
| Score à | | | | | | |
| Score à | | | | | | |
| Score à | | | | | | |
| Score à | | | | | | |

Numéro article :

CONCLUSION

Différences significatives entre les groupes avec meilleure récupération dans le groupe témoin
Préciser sur quels critères :

Différences significatives entre les groupes avec meilleure récupération dans le groupe obèse
Préciser sur quels critères :

Pas de différence sur les scores fonctionnels

Pas de différence sur les différences pré-op/post-op mais scores bruts différents

Décision Exclu Inclus Analyse de sensibilité

Remarques :

