

# Université de Poitiers

## Faculté de Médecine et Pharmacie

**ANNEE 2022-2023**

### **THESE**

Thèse de spécialité en Médecine Physique et de Réadaptation

**POUR LE DIPLOME D'ETAT**  
**DE DOCTEUR EN MEDECINE**

**(décret du 25 novembre 2016)**

Présentée et soutenue publiquement  
Le 21 octobre 2022 à Poitiers  
Par **Quentin DEBORDE**

#### ***Titre***

Valeur ajoutée de l'observation de point-light display dans la rééducation de l'arthroplastie totale de genou : une étude pilote contrôlée randomisée.

#### **Composition du Jury**

**Président** : Monsieur le Professeur Jean-Christophe DAVIET

**Membres** :

- Monsieur le Professeur Jean-Yves SALLE
- Madame Christel BIDEt, maître de conférence au sein de l'université de Poitiers.

**Directeur de thèse** :

- Monsieur Romain DAVID



# Université de Poitiers

## Faculté de Médecine et Pharmacie

**ANNEE 2022-2023**

### **THESE**

Thèse de spécialité en Médecine Physique et de Réadaptation

**POUR LE DIPLOME D'ETAT**  
**DE DOCTEUR EN MEDECINE**

**(décret du 25 novembre 2016)**

Présentée et soutenue publiquement  
Le 21 octobre 2022  
Par Quentin DEBORDE

#### ***Titre***

Valeur ajoutée de l'observation de point-light display dans la rééducation de l'arthroplastie totale de genou : une étude pilote contrôlée randomisée.

#### **Composition du Jury**

**Président** : Monsieur le Professeur Jean-Christophe DAVIET

**Membres** :

- Monsieur le Professeur Jean-Yves SALLE
- Madame Christel BIDET, maître de conférence au sein de l'université de Poitiers.

**Directeur de thèse** :

- Monsieur Romain DAVID



# LISTE DES ENSEIGNANTS

Année universitaire 2022 – 2023

## SECTION MEDECINE

### Professeurs des Universités-Praticiens Hospitaliers

- BINET Aurélien, chirurgie infantile
- BOISSON Matthieu, anesthésiologie-réanimation et médecine péri-opératoire
- BOULETI Claire, cardiologie
- BOURMEYSTER Nicolas, biologie cellulaire
- BRIDOUX Frank, néphrologie
- BURUCOA Christophe, bactériologie-virologie
- CHEZE-LE REST Catherine, biophysique et médecine nucléaire
- CHRISTIAENS Luc, cardiologie
- CORBI Pierre, chirurgie thoracique et cardio-vasculaire
- COUDROY Rémy, médecine intensive-réanimation – **Assesseur 2<sup>nd</sup> cycle**
- DAHOT-FIZELIER Claire, anesthésiologie-réanimation et médecine **péri-opératoire**
- DEBIAIS Françoise, rhumatologie
- DONATINI Gianluca, chirurgie viscérale et digestive
- DROUOT Xavier, physiologie – **Assesseur recherche**
- DUFOUR Xavier, Oto-Rhino-Laryngologie – **Assesseur 2<sup>nd</sup> cycle, stages hospitaliers**
- FAURE Jean-Pierre, anatomie
- FRASCA Denis, anesthésiologie-réanimation
- FRITEL Xavier, gynécologie-obstétrique
- GERVAIS Elisabeth, rhumatologie
- GICQUEL Ludovic, pédopsychiatrie
- GILBERT-DUSSARDIER Brigitte, génétique
- GOMBERT Jean-Marc, immunologie
- GOUJON Jean-Michel, anatomie et cytologie pathologiques
- GUILLIVIN Rémy, radiologie et imagerie médicale
- HAUET Thierry, biochimie et biologie moléculaire
- ISAMBERT Nicolas, cancérologie
- JAAFARI **Nematollah**, psychiatrie d'adultes
- JABER Mohamed, cytologie et histologie
- JAYLE Christophe, chirurgie thoracique et cardio-vasculaire
- KARAYAN-TAPON Lucie, cancérologie
- KEMOUN Gilles, médecine physique et de réadaptation (en disponibilité)
- LECLERE Franck, chirurgie plastique, reconstructrice
- LECRON Jean-Claude, biochimie et biologie moléculaire
- LELEU Xavier, hématologie
- LEVEQUE Nicolas, bactériologie-virologie – **Assesseur 1<sup>er</sup> cycle**
- LEVEZIEL Nicolas, ophtalmologie
- MACCHI Laurent, hématologie
- MCHEIK **Jiad**, chirurgie infantile
- MEURICE Jean-Claude, pneumologie
- MILLOT Frédéric, pédiatrie, oncologie pédiatrique
- MIMOZ Olivier, médecine d'urgence
- NASR Nathalie, neurologie
- NEAU Jean-Philippe, neurologie – **Assesseur pédagogique médecine**
- ORIOT Denis, pédiatrie
- PACCALIN Marc, gériatrie – **Doyen, Directeur de la section médecine**
- PERAULT-POCHAT Marie-Christine, pharmacologie clinique

- PERDRISOT Rémy, biophysique et médecine nucléaire – **Assesseur L.A.S et 1<sup>er</sup> cycle**
- PERRAUD CATEAU Estelle, parasitologie et mycologie
- PRIES Pierre, chirurgie orthopédique et traumatologique
- RAMMAERT-PALTRIE Blandine, maladies infectieuses
- RICHER Jean-Pierre, anatomie
- RIGOND Philippe, neurochirurgie
- ROBLLOT France, maladies infectieuses, maladies tropicales
- ROBLLOT Pascal, médecine interne
- SAULNIER Pierre-Jean, thérapeutique
- SCHNEIDER Fabrice, chirurgie vasculaire
- SILVAIN Christine, gastro-entérologie, hépatologie – **Assesseur 3<sup>e</sup> cycle**
- TASU Jean-Pierre, radiologie et imagerie médicale
- THIERRY Antoine, néphrologie – **Assesseur 1<sup>er</sup> cycle**
- THILLE Arnaud, médecine intensive-réanimation
- TOUGERON David, gastro-entérologie
- WAGER Michel, neurochirurgie
- XAVIER Jean, pédopsychiatrie

### Maîtres de Conférences des Universités-Praticiens Hospitaliers

- ALBOUY Marion, santé publique – **Référente égalité-diversité**
- ALLAIN Géraldine, chirurgie thoracique et cardio-vasculaire (en mission 1 an à/c 01/11/2022)
- BEN-BRIK **Eric**, médecine du travail (en détachement)
- BILAN Frédéric, génétique
- CAYSSIALS Emilie, hématologie
- CREMNITER Julie, bactériologie-virologie
- DIAZ Véronique, physiologie – **Référente relations internationales**
- EGLOFF Matthieu, histologie, embryologie et cytogénétique
- FROUIN **Eric**, anatomie et cytologie pathologiques
- GACHON Bertrand, gynécologie-obstétrique (en dispo 1 an à/c du 31/07/2022)
- GARCIA Magali, bactériologie-virologie
- GUENEZAN Jérémy, médecine d'urgence
- JAVAUGUE Vincent, néphrologie
- JUTANT Etienne-Marie, pneumologie
- KERFORNE Thomas, anesthésiologie-réanimation et médecine **péri-opératoire** (en mission 1 an à/c 01/11/2022)
- LAFAY-CHEBASSIER Claire, pharmacologie clinique
- LIUU Evelyne, gériatrie
- MARTIN Mickaël, médecine interne – **Assesseur 2<sup>nd</sup> cycle**
- PALAZZO Paola, neurologie (en dispo 3 ans à/c du 01/07/2020)
- PICHON Maxime, bactériologie-virologie
- PIZZOFERRATO **Anne-Cécile**, gynécologie-obstétrique
- RANDRIAN Violaine, gastro-entérologie, hépatologie
- SAPANET Michel, médecine légale
- THULLIER Raphaël, biochimie et biologie moléculaire
- VALLEE **Maxime**, **urologie**

#### **Professeur des universités**

- PELLERIN Luc, biochimie et biologie moléculaire

#### **Professeur des universités de médecine générale**

- BINDER Philippe

#### **Maître de Conférences des universités de médecine générale**

- MIGNOT Stéphanie

#### **Professeur associé des universités des disciplines médicales**

- FRAT Jean-Pierre, médecine intensive-réanimation

#### **Maître de Conférences associé des universités des disciplines médicales**

- HARIKA-GERMANEAU Ghina, psychiatrie d'adultes

#### **Professeurs associés de médecine générale**

- ARCHAMBAULT Pierrick
- AUDIER Pascal
- BIRAULT François
- BRABANT Yann
- FRECHE Bernard
- PARTHENAY Pascal

#### **Maîtres de Conférences associés de médecine générale**

- BONNET Christophe
- DU BREUILLAC Jean
- JEDAT Vincent

#### **Professeurs émérites**

- GIL Roger, neurologie (08/2023)
- GUILHOT-GAUDEFFROY François, hématologie et transfusion (08/2023)
- HERPIN Daniel, cardiologie (08/2023)
- INGRAND Pierre, biostatistiques, informatique médicale (08/2025)
- MARECHAUD Richard, médecine interne (24/11/2023)
- RICCO Jean-Baptiste, chirurgie vasculaire (08/2024)
- ROBERT René, médecine intensive-réanimation (30/11/2024)
- SENON Jean-Louis, psychiatrie d'adultes (08/2023)
- TOUCHARD Guy, néphrologie (08/2023)

#### **Professeurs et Maîtres de Conférences honoraires**

- AGIUS Gérard, bactériologie-virologie
- ALCALAY Michel, rhumatologie
- ALLAL Joseph, thérapeutique (ex-émérite)
- ARIES Jacques, anesthésiologie-réanimation
- BABIN Michèle, anatomie et cytologie pathologiques
- BABIN Philippe, anatomie et cytologie pathologiques
- BARBIER Jacques, chirurgie générale (ex-émérite)
- BARRIERE Michel, biochimie et biologie moléculaire
- BECQ-GIRAUDON Bertrand, maladies infectieuses, maladies tropicales (ex-émérite)
- BEGON François, biophysique, médecine nucléaire
- BOINOT Catherine, hématologie – transfusion
- BONToux Daniel, rhumatologie (ex-émérite)
- BURIN Pierre, histologie
- CARRETIER Michel, chirurgie viscérale et digestive (ex-émérite)
- CASTEL Olivier, bactériologie-virologie ; hygiène
- CASTETS Monique, bactériologie -virologie – hygiène
- CAVELLIER Jean-François, biophysique et médecine nucléaire
- CHANSIGAUD Jean-Pierre, biologie du développement et de la

#### **reproduction**

- CLARAC Jean-Pierre, chirurgie orthopédique
- DABAN Alain, oncologie radiothérapie (ex-émérite)
- DAGREGORIO Guy, chirurgie plastique et reconstructrice
- DEBAENE Bertrand, anesthésiologie-réanimation et médecine ~~péri-opératoire~~
- DESMAREST Marie-Cécile, hématologie
- DEMANGE Jean, cardiologie et maladies vasculaires
- DORE Bertrand, urologie (ex-émérite)
- EUGENE Michel, physiologie (ex-émérite)
- FAUCHERE Jean-Louis, bactériologie-virologie (ex-émérite)
- FONTANEL Jean-Pierre, Oto-Rhino Laryngologie (ex-émérite)
- GOMES DA CUNHA José, médecine générale (ex-émérite)
- GRIGNON Bernadette, bactériologie
- GUILLARD Olivier, biochimie et biologie moléculaire
- GUILLET Gérard, dermatologie
- JACQUEMIN Jean-Louis, parasitologie et mycologie médicale
- KAMINA Pierre, anatomie (ex-émérite)
- KITZIS Alain, biologie cellulaire (ex-émérite)
- KLOSSEK Jean-Michel, Oto-Rhino-Laryngologie
- KRAIMPS Jean-Louis, chirurgie viscérale et digestive
- LAPIERRE Françoise, neurochirurgie (ex-émérite)
- LARSEN Christian-Jacques, biochimie et biologie moléculaire
- LEVARD Guillaume, chirurgie infantile
- LEVILLAIN Pierre, anatomie et cytologie pathologiques
- MAIN de BOISSIERE Alain, pédiatrie
- MARCELLI Daniel, pédopsychiatrie (ex-émérite)
- MARILLAUD Albert, physiologie
- MAUCO Gérard, biochimie et biologie moléculaire (ex-émérite)
- MENU Paul, chirurgie thoracique et cardio-vasculaire (ex-émérite)
- MORICHAU-BEAUCHANT Michel, hépato-gastro-entérologie
- MORIN Michel, radiologie, imagerie médicale
- PAQUEREAU Joël, physiologie
- POINTREAU Philippe, biochimie
- POURRAT Olivier, médecine interne (ex-émérite)
- REISS Daniel, biochimie
- RIDEAU Yves, anatomie
- RODIER Marie-Hélène, parasitologie et mycologie
- SULTAN Yvette, hématologie et transfusion
- TALLINEAU Claude, biochimie et biologie moléculaire
- TANZER Joseph, hématologie et transfusion (ex-émérite)
- TOURANI Jean-Marc, oncologie
- VANDERMARCO Guy, radiologie et imagerie médicale

## SECTION PHARMACIE

### *Professeurs des universités-praticiens hospitaliers*

- COUET William, pharmacie clinique
- DUPUIS Antoine, pharmacie clinique – **Assesseur pédagogique pharmacie**
- FOUCHER Yohann, biostatistiques
- MARCHAND Sandrine, pharmacologie, pharmacocinétique
- RAGOT Stéphanie, santé publique

### *Professeurs des universités*

- BODET Charles, microbiologie
- CARATO Pascal, chimie thérapeutique
- FAUCONNEAU Bernard, toxicologie
- GUILLARD Jérôme, pharmacochimie
- IMBERT Christine, parasitologie et mycologie médicale
- OLIVIER Jean-Christophe, pharmacie galénique, biopharmacie et pharmacie industrielle
- PAGE Guylène, biologie cellulaire, ~~biothérapeutiques~~
- RABOUAN Sylvie, chimie physique, chimie analytique
- SARROUILHE Denis, physiologie humaine – **Directeur de la section pharmacie**

### *Maîtres de conférences des universités-praticiens hospitaliers*

- BARRA Anne, ~~immuno-hématologie~~
- BINSON Guillaume, pharmacie clinique
- THEVENOT Sarah, hygiène, hydrologie et environnement

### *Maîtres de conférences*

- BARRIER Laurence, biochimie générale et clinique
- BON Delphine, biophysique
- BRILLAUD Julien, pharmacocinétique, biopharmacie
- BUYCK Julien, microbiologie
- CHAUZY Alexia, pharmacologie fondamentale et thérapeutique
- DEBORDE-DELAGE Marie, chimie analytique
- DELAGE Jacques, biomathématiques, biophysique
- FAVOT-LAFORGE Laure, biologie cellulaire et moléculaire (HDR)
- GIRARDOT Marion, biologie végétale et pharmacognosie
- GREGOIRE Nicolas, pharmacologie et ~~pharmacométrie~~ (HDR)
- HUSSAIN ~~Didia~~, pharmacie galénique (HDR)
- INGRAND Sabrins, toxicologie
- MARIVINGT-MOUNIR Cécile, pharmacochimie
- PAIN Stéphanie, toxicologie (HDR)
- PINET Caroline, physiologie, anatomie humaine
- RIOUX-BILAN Agnès, biochimie – **Référente CNAES – Responsable du dispositif ~~COME in~~**
- TEWES Frédéric, chimie et pharmacotechnie
- THOREAU Vincent, biologie cellulaire et moléculaire
- WAHL Anne, phytothérapie, herborisation, aromathérapie

### *Maîtres de conférences associés - officine*

- DELOFFRE Clément, pharmacien
- ELIOT Guillaume, pharmacien
- HOUNKANLIN ~~Lydwine~~, pharmacien

## CENTRE DE FORMATION UNIVERSITAIRE EN ORTHOPHONIE (C.F.U.O.)

- GICQUEL Ludovic, PU-PH, **directeur du C.F.U.O.**
- VERON-DELOR Lauriane, maître de conférences en psychologie

## ENSEIGNEMENT DE L'ANGLAIS

- DEBAIL Didier, professeur certifié

## CORRESPONDANTS HANDICAP

- Pr PERDRISOT Rémy, section médecine
- Dr RIOUX-BILAN Agnès, section pharmacie

*« Je suis juste une personne qui fait un pas après l'autre »  
Kilian Jornet*



# Remerciements

## A mon jury de thèse

*A Monsieur le Professeur Daviet,*

*Je suis très honoré de votre présence pour présider le jury de ma thèse. Je vous remercie de l'attention et du temps que vous avez porté à ce travail.*

*Je suis également extrêmement reconnaissant de l'intérêt que vous avez porté à mes choix de formation et de maquette. J'aurai bientôt l'honneur de passer une année à vos côtés et de développer des connaissances qui me sont chères.*

*Recevez ici toute ma gratitude et l'expression de mon profond respect.*

*A Monsieur le Professeur Salle,*

*Vous me faites l'honneur de votre présence aujourd'hui afin de juger mon travail de thèse. Veuillez trouver à travers ces mots l'expression de ma gratitude et de mon respect.*

*Bien au-delà de cette journée, je vous remercie pour votre accompagnement à mon égard mais également à celui des internes en MPR de Poitiers.*

*A Madame le Docteur Christel Bidet-Ildei,*

*J'ai eu la chance de travailler à tes côtés, de bénéficier de ton expertise scientifique et d'apprendre les rudiments de la recherche et de la rédaction d'un article scientifique.*

*C'est un honneur pour moi de soumettre ce travail à ton jugement, que je sais expert dans le domaine des Point-Light Display.*

*Reçois tout ma reconnaissance et mon respect.*

*A Monsieur le Docteur Romain David,*

*C'est avec une émotion immense que ces mots te sont destinés. Je t'exprime ma plus profonde reconnaissance d'avoir accepté de diriger ce travail mais surtout d'avoir été l'acteur majeur de ma formation depuis le premier jour.*

*Merci de m'avoir laissé partager ton temps avec toute la bienveillance et l'altruisme qui te caractérisent. Je ne serais clairement pas l'interne et l'homme que je suis aujourd'hui sans avoir croisé ton chemin. Ton implication pour les internes de MPR de Poitiers et pour moi est à la hauteur de tes qualités humaines, scientifiques et médicales.*

*L'aventure n'est pas terminée mais veuillez recevoir mon plus profond respect Docteur David.*

## A mes chefs, co-internes et leurs collaborateurs,

*Au Docteur Anne Jossart,*

*J'ai eu la chance de bénéficier de tes conseils et de ton expérience médicale mais aussi humaine depuis mon tout premier semestre.*

*Je te suis extrêmement reconnaissant de tout ce temps passé à ton écoute dans les bons, mais également dans les mauvais moments.*

*Merci pour tout Anne.*

*Au Docteur Laura Mainini,  
Merci pour ta bienveillance, pour ton expertise et pour tout ce que tu as à cœur de nous transmettre. Ta rigueur médicale et ton empathie sont des qualités qui nous poussent à élever notre niveau chaque jour à tes côtés.  
Merci pour tout Laura.*

*Au Docteur Meklat, Au Docteur Truchon, Au Docteur Foucault, Au Docteur Moussaoui et à l'ensemble des équipes du centre Richelieu,  
Merci de m'avoir accueilli jeune interne et de m'avoir transmis votre expertise, votre sympathie et votre goût de la MPR.*

*Au Docteur Gombert, Au Docteur Martin, Au Docteur Rousselet, Au Docteur Carvigan et à l'ensemble de l'équipe de rhumatologie du CH de La Rochelle,  
Quel semestre à vos côtés ! Vos qualités humaines sont aussi grandes que vos qualités médicales. Merci d'avoir accueilli un interne de MPR qui avait tout à apprendre en rhumatologie.*

*Au Docteur Rosier, Au Docteur Chevillon, Au Docteur Balaboi, Au Docteur Moumy et à l'ensemble du service de neurologie du CH de Niort,  
Merci pour votre accueil, et votre transmission de la neurologie à travers des valeurs d'empathie et de travail.*

*Au Docteur Louis et son équipe médicale,  
Vous m'avez accueilli comme votre égal ! Vous me transmettez chaque jour votre expertise dans vos domaines respectifs, toujours dans la bonne humeur et la bienveillance. Merci de tout cœur.*

*Et bien évidemment merci à toute l'équipe de MPR du CHU de Poitiers, Docteur Cabirol, Docteur Haubtmann, l'équipe de kinésithérapie qui m'a aidé à découvrir les bases de la rééducation, A Denis et Yves pour leurs valeurs et ce qu'ils représentent pour moi.*

*A Damien, Michael, Morgane, Azyiadé, Alexis,  
Tous ces co-internes devenus des amis, sans qui cette aventure aurait été bien plus fade.*

### **A mes amis,**

*A ma meute de loups, mes trieurs, vous êtes l'amitié dont tout le monde rêve. Vous m'avez tiré vers le haut chacun à votre manière depuis plus de 10 ans maintenant. J'ai une reconnaissance infinie pour vous ...*

*A ma ruche, merci pour tout, ce cursus n'aurait pas été le même sans vous. A nos soirées, nos vacances, nos festivals, nos week-ends et à tous ceux qui vont venir !  
Merci pour tout, je vous dois également beaucoup.*

*A mes colocataires, Sylvian et Pierrot pour nos années lycées qui laissent des souvenirs indélébiles. Hugo pour ces quatre années qui marquent au fer rouge notre amitié, je sais ce que je te dois de cette première année où tu as tout fait pour ma*

*réussite. A Jeannot, au-delà d'avoir partagé deux années de ma vie, tu es devenu cette force à mes côtés qui sait se montrer quand il le faut, merci pour tout mon ami.*

*Merci à tous les coureurs, coach et athlètes qui ont partagé un footing, une séance, une compétition à mes côtés. Le sport est l'essence de la vie et je n'en serais pas là sans ce fil rouge vital.*

*Merci mon Thomas de me suivre dans tous mes défis, du 10 km à l'ultra trail ! Tu as ce mental que peu de personnes ont et à toi aussi je te dois beaucoup mon ami.*

*A Chantal Rzepecki,*

*Merci pour votre relecture, votre œil extérieur et les nombreuses corrections effectuées.*

**A ma famille,**

*A mes tantes, mes cousins/cousines.*

*Vous m'avez toujours mis en avant, soutenu, félicité ! Vous avez su comprendre mes absences toujours avec bienveillance. Je serais toujours là pour vous.*

*A ma belle-famille.*

*Vous m'avez accueilli dans un environnement sain, baigné d'amour et de bienveillance. Merci pour tous ces moments joviaux, ressourçants et tellement enrichissants !*

*Je suis extrêmement reconnaissant de votre soutien sans faille dans nos projets.*

*A mes Papis Michel, Marcel, mes Mamies Claudette, Marie-France.*

*Je suis éternellement reconnaissant de vous avoir auprès de moi. Vous me transmettez votre amour depuis presque 27 ans. Vous me poussez à être meilleur, à devenir votre égal.*

*Vous êtes des exemples pour moi, j'espère vous rendre fier en ce jour.*

*Je vous aime.*

*A toi, mon frère,*

*Il est évident qu'il te fallait ton propre paragraphe ! Merci d'être là à mes côtés avec ton insouciance et ta manière on ne peut plus simple d'aborder la vie.*

*Ta passion pour ce que tu entreprends est un vrai exemple pour moi sans que tu ne t'en rendes compte.*

*Merci pour tous nos moments de vie à la maison et en dehors.*

*Je t'aime mon frère.*

*A vous, Papa et Maman,*

*Je vous dois tout. Votre éducation est la plus belle que Théotim et moi aurions pu recevoir.*

*Vous m'avez transmis l'empathie, la bienveillance, le respect et la certitude que lorsque l'on travaille on obtient tout ce que l'on entreprend. Votre goût du travail et l'exemple que vous m'avez donné m'a conduit ici.*

*Votre amour est une force sans faille, toujours en moi, même loin de la maison.*

*Je ne vous dirai jamais assez merci.*

*Je vous aime.*

*A Agathe,*

*Notre lien est indescriptible. Tu as cette force en toi qui permet de mettre en lumière tout ce qui t'entoure. Ton altruisme est sans limite, ta joie de vivre est communicative, ton amour est une énergie incroyable.*

*Tu es la source de ma sérénité et de mon bien être.*

*Ce que tu m'offres depuis plusieurs années n'a pas de prix et je t'en remercie.*

*Je t'aime.*

*Au Professeur Stéphane Goichon,*

*Il était inenvisageable de réaliser un tel travail sans te mentionner Stéphane. Tu aurais été heureux et reconnaissant de lire ces quelques mots, je n'en doute pas.*

*Ma reconnaissance envers toi est éternelle. Tu as su m'apprendre le goût du travail bien fait, la rigueur scientifique, l'esprit de synthèse.*

*Merci d'avoir été cet homme élégant, bienveillant et terriblement altruiste.*



# Sommaire

|                                                                          |    |
|--------------------------------------------------------------------------|----|
| Remerciements.....                                                       | 7  |
| Sommaire .....                                                           | 13 |
| Abréviations.....                                                        | 15 |
| Liste des figures .....                                                  | 16 |
| Liste des tableaux .....                                                 | 17 |
| Introduction.....                                                        | 18 |
| 1.1 Généralités sur la gonarthrose et l'arthroplastie de genou .....     | 18 |
| 1.1.1 Bases cliniques de l'indication d'une arthroplastie de genou ..... | 19 |
| 1.2 Bases chirurgicales.....                                             | 21 |
| 1.2.1 Epidémiologie internationale et en France. ....                    | 22 |
| 1.2.2 Prise en charge rééducative.....                                   | 22 |
| 1.2.3 Outils rééducatifs.....                                            | 24 |
| 1.3 L'observation d'actions animées comme vecteur de mouvements : ...    | 25 |
| 1.3.1 Le système des neurones miroirs : .....                            | 26 |
| 1.3.1.1 Une activation corticale .....                                   | 26 |
| 1.3.1.2 Une activation musculaire .....                                  | 27 |
| 1.3.2 L'observation d'action animée en rééducation : .....               | 27 |
| 1.3.2.1 Dans les pathologies du système nerveux central.....             | 27 |
| 1.3.2.2 Dans les pathologies locomotrices.....                           | 28 |
| 1.4 Les Point-Light-Displays en rééducation : .....                      | 29 |
| 1.5 Hypothèse formulée : .....                                           | 30 |
| Méthode.....                                                             | 31 |
| 2.1 Design de l'étude.....                                               | 31 |
| 2.2 Critères d'inclusion et d'exclusion .....                            | 31 |
| 2.3 Procédure.....                                                       | 31 |

|     |                                        |    |
|-----|----------------------------------------|----|
| 2.4 | Critère de jugement principal .....    | 33 |
| 2.5 | Critères de jugement secondaires ..... | 34 |
| 2.6 | Analyse statistique .....              | 35 |
|     | Résultats .....                        | 36 |
| 3.1 | Participants .....                     | 36 |
| 3.2 | Mobilité fonctionnelle .....           | 36 |
| 3.3 | Critères moteurs .....                 | 37 |
| 3.4 | Evaluation perceptive .....            | 40 |
|     | Discussion .....                       | 41 |
| 4.1 | Analyse descriptive .....              | 41 |
| 4.2 | Limites de l'étude .....               | 43 |
|     | Conclusion .....                       | 44 |
|     | Annexes .....                          | 45 |
|     | Bibliographie .....                    | 60 |
|     | Serment .....                          | 66 |

## **Abréviations**

- AOT : Action Observation Training
- AVC : Accident Vasculaire Cérébral
- CIF : Classification Internationale du Fonctionnement, du Handicap et de la Santé
- FIM : Fonctionnal Indépendance Measure
- IRMf : Imagerie par résonnance magnétique fonctionnelle
- KOOS : Knee injury and Osteoarthritis Outcome Score
- KSS : Knee Society Score
- MKDE : Masseur Kinésithérapeute Diplômé d'État
- PEM : Potentiels Evoqués Moteur
- PLD : Point-Light Display
- PTG : Prothèse totale de genou
- PUC : Prothèse unicompartmentale de genou
- SMT : Stimulation magnétique transcrânienne
- SNM : Système des neurones miroirs
- SSR : Soins de Suite et de Réadaptation
- TEP : Tomographie par émission de positons
- TUG : Time Up and Go test
- WOMAC : Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index



## Liste des figures

**Figure 1 :** Répercussions d'une problématique de santé sur les domaines de vie quotidienne selon la Classification Internationale du Fonctionnement, du Handicap et de la Santé.

**Figure 2 :** Radiographie de face d'une gonarthrose fémoro-tibial interne.

**Figure 3 :** Critères d'orientation en SSR.

**Figure 4 :** Design expérimental

**Figure 5 :** Déroulement d'une tâche de reconnaissance de PLD réalisée lors de l'évaluation initiale et finale de l'étude dans les deux groupes.

**Figure 6 :** Déroulement d'une tâche d'observation d'une séquence animée de PLD dans le groupe expérimental durant l'étude.

**Figure 7 :** Résultats du TUG et des scores d'évaluation perceptive par groupe avant et après les trois semaines de rééducation. Les barres d'erreurs représentent les intervalles de confiance à 95%.

\*\* indique un effet selon le moment d'évaluation selon  $p < 0.001$ .

+ indique une interaction entre les moments d'évaluation selon  $p < 0.05$

**Figure 8 :** Résultats moyens des scores WOMAC par groupe et par période. Les barres d'erreur représentent l'intervalle de confiance à 95%.

\*\* indique un effet au moment de l'évaluation à  $p < .001$ .

+ indique une interaction entre le moment de l'évaluation et la condition à  $p < .05$ .

Le pré-test indique le niveau de performance à 0 semaine (avant le programme de réhabilitation) et le post-test indique le niveau de performance à 3 semaines (à la fin du programme de réhabilitation).

## Liste des tableaux

**Tableau 1.** Caractéristiques des patients inclus dans le groupe contrôle et dans le groupe expérimental ainsi que les comparaisons inter-groupe évaluées par un test-t de Student.

**Tableau 2.** Comparaisons par test-t de Student entre les groupes contrôle et expérimental pour les performances sur le WOMAC.

**Tableau 3.** Comparaisons par test t de Student entre les groupes contrôle et expérimental pour leurs performances dans la tâche de reconnaissance de PLD.

\* indique des différences significatives entre les groupes expérimentaux et contrôles.

Le test t de Student a été effectué pour la reconnaissance des PLD avant et après le test et le test de Mann-Whitney a été effectué pour la différence car les données ne correspondaient pas à l'hypothèse de normalité.

# Introduction

## **1.1 Généralités sur la gonarthrose et l'arthroplastie de genou**

L'arthroplastie de genou représente la prise en charge chirurgicale de la gonarthrose symptomatique et bien souvent la dernière ligne de traitement quelle qu'en soit son étiologie.

Cette solution intervient lorsque la gonarthrose qu'elle soit uni- ou tricompartmentale devient invalidante et responsable, conformément à la CIF (Classification Internationale du Fonctionnement, du Handicap et de la Santé), de déficiences, limitations d'activités ou restrictions de participation essentiellement liées à une altération de la fonction locomotrice du patient.

Préalablement à cette solution est intervenu l'échec des traitements de première intention tels que :

- L'éducation thérapeutique du patient.
- Les règles hygiéno-diététiques, notamment lié au surpoids.
- L'appareillage par orthèse plantaire ou orthèse de genou.
- La prise en charge en centre de rééducation ou en libérale par le biais d'un MKDE.
- La prise en charge médicamenteuse générale par antalgiques de pallier 1 à 3
- La prise en charge locale par injections intra-articulaires de corticoïdes ou d'acide hyaluronique (qui ne sont plus remboursées par l'assurance maladie) selon les présentations cliniques et la symptomatologie [1].

La solution chirurgicale peut dans certains cas bien précis être conservatrice et survenir chez des patients présentant une arthrose unicompartmentale liée à une déformation en genu varum ou valgum, avec dans ces cas-là une ostéotomie de valgisation ou varisation.

Nonobstant les indications et les solutions envisagées, la situation radio-clinique est toujours évaluée préalablement au cours d'une consultation par un chirurgien orthopédiste qui peut s'appuyer parfois sur des échelles telles que l'indice de Lequesne [2]. Ce dernier incite à discuter l'indication d'une prothèse totale de genou au-delà d'un seuil  $\geq 10-12$ .

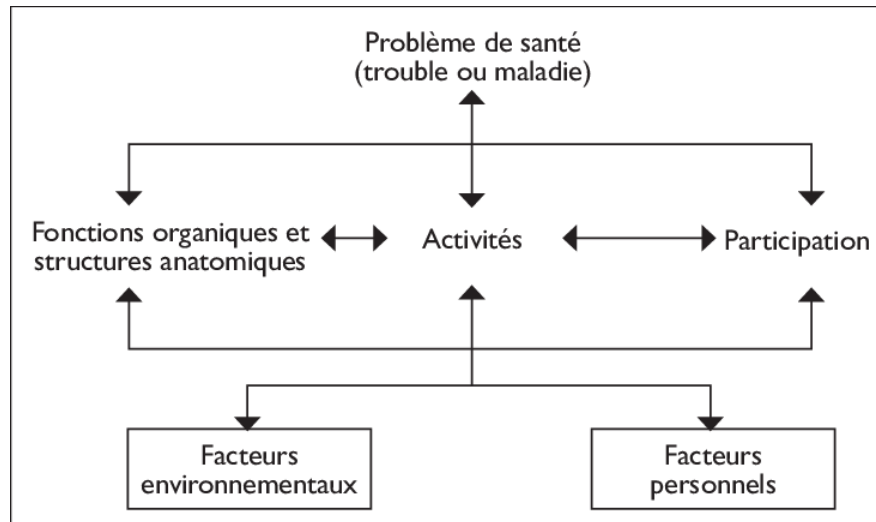
### **1.1.1 Bases cliniques de l'indication d'une arthroplastie de genou**

L'arthrose représente la pathologie articulaire la plus fréquente chez l'adulte dans le monde entier [3]. Parmi le large spectre de l'arthrose, l'arthrose primitive de genou représente la principale indication à la pose d'une prothèse de genou, dans certains cas cette arthrose est secondaire à un autre processus pathologique comme une pathologie rhumatismale inflammatoire telle que la polyarthrite rhumatoïde, des séquelles post-traumatiques, des séquelles carcinologiques ou des phénomènes métaboliques tels que la goutte ou la chondrocalcinose articulaire. Dans ces cas-là, l'arthrose est dite secondaire.

La gonarthrose peut concerner un ou plusieurs compartiments du genou. Elle peut être fémoro-patellaire, fémoro-tibiale interne ou externe ou tricompartmentale. Le diagnostic est radio-clinique et souvent envisagé devant le terrain clinique du patient (âge, troubles de la statique des membres inférieurs, obésité), la symptomatologie douloureuse d'horaire mécanique et un retentissement fonctionnel majeur [3].

L'index de WOMAC [4] (annexe 1) permet notamment d'apprécier ce retentissement fonctionnel. D'autres scores comme le KOOS [5] ou plus récemment le KSS [6] sont spécifiques à cette problématique et peuvent être utilisés.

En effet cette atteinte va occasionner des déficiences organiques au regard de la CIF avec une atteinte des fonctions sensorielles et de la douleur, des fonctions de l'appareil locomoteur engendrant des limitations d'activités notamment de mobilité et des restrictions de participations sociales.



**Figure 1 :** Répercussions d'une problématique de santé sur les domaines de vie quotidienne selon la Classification Internationale du Fonctionnement, du Handicap et de la Santé.

L'imagerie par radiographie va aider à confirmer le diagnostic mais n'est utile dans l'indication chirurgicale qu'associée à au tableau clinique présenté ci-dessus. Elle permettra de révéler la présence :

- d'un pincement de l'interligne localisé dans un compartiment ou l'autre ;
- de l'ostéosclérose sous-chondrale, signe de la déhiscence progressive du cartilage conduisant à la mise à nu de l'os sous-chondral ;
- de l'ostéophytose interne ou externe qui est spécifique de l'atteinte arthrosique ;
- des géodes sous-chondrales.



**Figure 2 :** Radiographie d'une gonarthrose fémoro-tibiale interne.

## **1.2 Bases chirurgicales**

Il existe plusieurs techniques pour traiter la gonarthrose. Comme précédemment citée elle peut être conservatrice mais également prothétique.

La chirurgie prothétique vise à remplacer les surfaces articulaires lésées, en conservant tout ou partie de l'appareil ligamentaire, si l'état le permet. Ce choix a notamment été supporté en France par une recommandation de la HAS en 2013, qui dressait une liste d' « éléments concourant à la décision d'arthroplastie du genou et du choix de la prothèse » [7].

Les prothèses articulaires se différencient donc selon qu'elle soit unicompartmentale ou totale lorsque les surfaces des trois compartiments articulaires sont remplacées. Ces dernières comportent un implant fémoral trochléen et bicondylien, un implant tibial et parfois un implant patellaire.

On retrouve :

- les prothèses à glissements, non contraintes, utilisées en primo-implantation ou en reprise, qui permettent des mouvements globalement physiologiques du

genou avec l'absence d'union fixe entre l'implant fémoral et l'implant tibial. La stabilité du genou est toujours assurée par les ligaments périphériques du patient et le pivot central peut être sacrifié, conservé ou partiellement conservé selon le sous-groupe de PTG à glissement utilisé.

- les prothèses à charnières, contraintes. Elles sont composées d'un implant fémoral et d'un implant tibial liés entre eux par un moyen d'union de type charnière afin de pallier notamment à la déficience des formations ligamentaires périphériques d'un patient. La charnière utilisée peut permettre un degré de liberté avec un mouvement de flexion/extension ou deux degrés de liberté autorisant une rotation axiale en plus du mouvement de flexion/extension.
- les prothèses totales sur mesure lorsque les prothèses précédemment citées ne sont pas utilisables. La technique est alors assistée d'un scanner 3D préalablement à la chirurgie. Cette technique reste exceptionnelle.
- les implants centro-médullaires à effet d'arthrodèse n'autorisant aucun mouvement de l'articulation [7,8] .

### **1.2.1 Epidémiologie internationale et en France.**

Une veille épidémiologique [9] retrouvait au sein de 18 pays, la réalisation de 1 324 000 arthroplasties totales de genou englobant les reprises et les primo-implantations. Cette même veille évaluait à 62 400 les arthroplasties totales de genou en France en 2007.

Aujourd'hui l'arthroplastie de genou représente 113 600 procédures dont 100 857 arthroplasties totales de genou et 11 900 reprises. Ce qui correspond à une augmentation de 32.2% pour cette même chirurgie entre 2012 et 2018 [10].

Le vieillissement de la population, l'évolution des techniques chirurgicales et rééducatives participent à l'augmentation du nombre de geste qui pourrait conduire à une augmentation de 30.8% à 152,8% d'ici les 30 prochaines années.

### **1.2.2 Prise en charge rééducative**

Au décours de la prise en charge chirurgicale du patient, le post-opératoire immédiat se traduit par une rééducation précoce dans le service ayant opéré le patient. Cette rééducation s'associe à une prise en charge antalgique adaptée et à une prévention des complications thromboemboliques.

Une fois cette prise en charge précoce initiée, la poursuite de la prise en charge du patient peut s'effectuer en SSR spécialisé en pathologie de l'appareil locomoteur ou non ou en secteur libéral avec retour à domicile du patient.

Des critères ont été établis par la HAS quant à l'orientation des patients en post-opératoire.

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Les critères d'admission en SSR selon les recommandations de la HAS en 2008 sont :</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Les facteurs psychosociaux et environnementaux rendant le retour à domicile difficile ou impossible du fait de l'absence d'entourage ou d'une difficulté d'accès aux soins.</li><li>- Les critères médicaux tels que des comorbidités importantes, une altération de l'état général, une douleur mal soulagée, des complications post chirurgicales (fièvre, anémie, défaut de cicatrisation, thrombose...)</li><li>- Les critères fonctionnels avec une amplitude de flexion de genou active inférieure à 70°, l'impossibilité de marcher sur 30 mètres, l'impossibilité de réaliser ses transferts lit-fauteuil seul et de monter ou descendre les escaliers selon les besoins au domicile.</li></ul> |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

**Figure 3 :** Critères d'orientation en SSR.

S'associe à ces critères l'état psychique et cognitif du patient, notamment ses capacités à intégrer les consignes postopératoires qu'il devra observer.

Enfin on voit apparaître depuis plusieurs années une évolution des prises en charge chirurgicales avec l'apparition, sur le même modèle que la chirurgie viscérale, de protocoles de Récupération Améliorée Après Chirurgie (RAAC) visant à intégrer le patient dans un parcours débutant en préopératoire et conduisant à un retour à domicile précoce avec rééducation très précoce.

Classiquement, au décours de l'arthroplastie totale de genou, la prise en charge rééducative s'articule selon une phase aiguë et une phase subaiguë :

- La phase aiguë va consister à reprendre l'appui en post-opératoire immédiat avec aide technique à la locomotion, à restaurer le plus précocement des



amplitudes articulaires correctes de genou, à diminuer la douleur, et prévenir les complications telles que les troubles trophiques et circulatoires.

Tout cela permettant au patient de récupérer le plus rapidement possible une indépendance fonctionnelle.

Encore une fois, la mobilisation passive continue par arthromoteur est utilisée ainsi que la mobilisation manuelle.

Le travail passif est progressivement suppléé par un travail actif aidé de flexion du genou et des techniques de réveil quadricipital pour lever la sidération musculaire le cas échéant (contraction isométrique, usage de l'électrostimulation excitomotrice).

Le thérapeute réalise également des massages drainants l'hématome résiduel et l'œdème réactionnel à la chirurgie. Il est aidé dans cette mission par des outils de pressothérapie ou de cryothérapie.

- La phase subaiguë, décrite par la HAS comme phase secondaire, intègre la poursuite de 5 objectifs parmi lesquels la diminution de la douleur, la vigilance quant à l'apparition de complications tardives, l'amélioration du gain fonctionnel, un contrôle actif du genou permettant une bonne stabilité et enfin une parfaite stabilité fonctionnelle lors de la marche, des transferts ou des travaux d'équilibre [7].

### **1.2.3 Outils rééducatifs**

Durant la phase rééducative, au décours d'une arthroplastie totale de genou les acteurs des milieux rééducatifs, institutionnels ou libéraux, bénéficient de l'aide de nombreux outils pour accompagner leurs thérapies. Certains de ces outils ont déjà été cités ci-dessus et sont très largement inclus dans la prise en charge des patients. D'autres comme l'arthromoteur sont même systématiquement utilisés.

Ce dispositif, dont les premiers travaux datent de 1960, a été expérimenté par *Salter* sur des articulations de lapin initialement. Son expérimentation a permis d'observer un intérêt dans la cicatrisation cartilagineuse grâce à une mobilisation passive intermittente. Cet outil a été progressivement adapté pour une utilisation chez l'homme. En France, le service de chirurgie orthopédique de Montpellier a été le premier à mettre en œuvre un arthromoteur [11] dans la prise en charge post-chirurgicale des patients.

Les premiers essais cliniques réalisés [12,13] dans les années 80, chez des patients ayant subi une arthroplastie totale de genou indiquaient un effet potentiel sur le recouvrement des amplitudes articulaires, la durée d'hospitalisation mais également sur la cicatrisation et la diminution de l'incidence de thrombose veineuse profonde. Ces études, certes novatrices, ont longtemps fait état de référence mais leur faible rigueur scientifique a conduit à la réalisation de nouvelles études contrôlées et randomisées afin d'étudier l'impact réel de la mobilisation passive continue par arthromoteur.

Et si un effet à court terme sur l'amélioration des amplitudes articulaires a été retrouvé dans certaines études [14,15], l'absence d'amélioration fonctionnelle à long terme a conduit à ne pas donner de recommandations claires quant à son utilisation.

Une méta-analyse de Xia [16] a également été dans ce sens en relevant l'absence d'effet fonctionnel de l'utilisation de l'arthromoteur à moyen et long terme et même, une absence de significativité pour son utilisation en pratique courante selon un pool de 16 études et 1224 patients.

Plus largement, cette technique n'impacte pas non plus la survenue de complications ni la durée moyenne de séjour, qui nous le savons est un facteur médico-économique déterminant de nos jours.

Dans ce contexte, et puisqu'aucun autre outil n'a réellement fait ses preuves dans la rééducation de l'arthroplastie totale de genou, il nous paraissait intéressant d'étudier une nouvelle technique rééducative adjuvante afin d'essayer de potentialiser la rééducation concomitamment aux techniques déjà utilisées.

C'est dans ce sens que nous avons étudié l'Action Observation Training par le biais des Point-Light Display.

### **1.3 L'observation d'actions animées comme vecteur de mouvements :**

Le lien entre la perception visuelle d'un mouvement et son impact sur la réalisation de ce dernier est le fruit de nombreuses expériences et études réalisées depuis une quarantaine d'années.

C'est d'abord dans le domaine des neurosciences que le lien entre perception visuelle et activation motrice a été observé et notamment chez le singe où une expérience motrice a mis en évidence l'implication de la même aire corticale lors de la réalisation d'une action que lors de l'observation de celle-ci [17].

Dans cette expérience l'objectif était d'enregistrer l'activité cérébrale du cortex pré-moteur, par le biais d'électrodes intracrâniennes, lors de la réalisation d'une action du membre supérieur destiné à prendre de la nourriture. Au cours de l'expérience, les investigateurs se sont rendu compte que l'aire corticale pré-motrice du singe s'activait non seulement lors de la réalisation du mouvement mais également lors de l'observation de remise en place de la nourriture par l'expérimentateur.

C'était une première porte d'entrée vers ce qui sera décrit plus tard comme le système des neurones miroirs (SNM).

De la même manière, d'autres auteurs se sont affairés à décrire ce système des neurones miroirs chez le singe et notamment chez le macaque où ces neurones miroirs avaient la particularité de décharger lorsque le primate réalisait une action simple mais également quand il l'observait (saisir un objet) [18,19]. Dans l'étude de *Rizzolatti*, une distinction est faite avec les neurones canoniques qui sont stimulés lorsque le singe perçoit simplement des objets ou des mouvements non biologiques n'étant pas destinés à réaliser une action.

### **1.3.1 Le système des neurones miroirs :**

Ce complexe neuronal serait composé de deux aires motrices prédominantes et de nombreuses aires corticales seraient impliqués. L'existence de ce réseau chez l'homme est supposée grâce à des techniques de neuroimageries. Le système impliquerait chez l'homme le cortex prémoteur dorsal, ventral, le gyrus frontal inférieur, la partie antérieure du lobule pariétal inférieur ainsi que le cortex visuel primaire et le cervelet [20]. Plus que la somme d'entités neuronales distinctes, il s'agit d'un véritable circuit neuronal connecté.

La connexion anatomique de ces aires corticales est une des nombreuses connexions neuronales existantes [21]. Ce système est d'ailleurs en étroite liaison avec une activation du sillon temporal supérieur impliqué dans l'interprétation des mouvements observés [22].

#### **1.3.1.1 Une activation corticale**

La composition de ce système décrit chez le singe a été finement étudiée par des techniques de neuroimageries chez l'humain comme les Imageries par Résonance Magnétique fonctionnelle (IRMf) [23], la Tomographie par Emission de Positron (TEP) [24], la Stimulation Magnétique Transcrânienne (SMT) [25].

Une méta-analyse évaluait même l'implication des différentes aires du cortex selon que l'action était réalisée, imaginée, verbalisée ou observée [26].

Au sein même de l'aire corticale impliquée notamment le cortex pré-moteur, l'activation sera plus importante selon la zone de l'entité anatomique observée y compris pour les mouvements liés au membre inférieur [27].

Selon certains auteurs, ce système serait même directement impliqué dans les apprentissages moteurs et sociaux durant l'enfance [28].

#### ***1.3.1.2 Une activation musculaire***

Au-delà de l'activation corticale ayant lieu dans le système des neurones miroirs lors de l'observation d'une action, on observe une activation musculaire correspondante aux muscles engagés dans la réalisation de l'action observée.

C'est l'analyse de potentiels évoqués moteurs au niveau des muscles intrinsèques et extrinsèques de l'avant-bras, qui a permis de mettre en exergue l'activation de ces derniers lors de l'observation d'une action les mettant en jeu [25]. Cette activation était même corrélée en intensité à l'utilisation du muscle durant la cinématique du mouvement observé ce qui soutient la notion que l'activation cérébrale et musculaire dépend de l'action observée mais également de la séquence temporelle de cette dernière [29].

Les mêmes résultats ont été retrouvés en utilisant un électroencéphalogramme quantifié [30,31] et par magnétoencéphalographie [32] afin de déterminer la séquence temporelle de l'activation de ce système miroir au cours de la perception de mouvements biologiques [33–35].

### **1.3.2 L'observation d'action animée en rééducation :**

Les évidences scientifiques sur le système des neurones miroirs et la capacité de la perception visuelle à stimuler l'aire prémotrice entre autres ont très vite conduit de nombreux investigateurs à évaluer cette technique dans le monde médical et plus particulièrement en rééducation.

#### ***1.3.2.1 Dans les pathologies du système nerveux central***

Il a été très vite tentant d'utiliser cette technique chez des patients présentant des altérations des fonctions motrices supérieures telles qu'on en retrouve dans les AVC.

Dans leur cadre, la visualisation de séquences animées a montré un impact positif dès les années 2000 [36]. Dans l'étude d'*Ertelt*, l'observation d'actions du membre supérieur en plus de la thérapie conventionnelle chez des patients ayant subi un AVC a montré un impact positif sur la récupération des fonctions motrices et spécialement du membre supérieur où des résultats significatifs dans le groupe expérimental étaient retrouvés sur le Frenchay Arm Test.

Des résultats similaires ont été retrouvés sur la capacité de marche de patients ayant subi un AVC [37].

Une méta-analyse récente indiquait même un haut niveau de preuve pour l'utilisation de l'AOT dans des pathologies telles que l'AVC en phase aiguë ou subaiguë ou la maladie de Parkinson [38].

Outre l'AVC et la maladie de Parkinson, l'AOT a montré son bénéfice dans la prise en charge des patients atteints de paralysie cérébrale [39,40] avec récemment des résultats significatifs sur la Gross Motor Function Measure [41].

La réhabilitation d'autres pathologies du système nerveux central a commencé à être étudiée également sous le prisme de l'AOT comme la sclérose en plaque [42] ou la démence [43] avec la nécessité d'approfondir encore les recherches et les investigations dans ces pathologies.

### ***1.3.2.2 Dans les pathologies locomotrices***

Les recherches sur l'AOT dans les pathologies de l'appareil locomoteur sont moins nombreuses et concernent essentiellement les arthroplasties de genou et de hanche. Au niveau du genou, une étude a regroupé 18 patients opérés d'une arthroplastie totale de genou séparés en deux bras de 9 patients dont le bras expérimental recevait en complément de la thérapie conventionnelle, de la visualisation d'actions animées. Une amélioration significative de la douleur, de la raideur et de la fonction motrice a été notée sur le WOMAC [44].

Cette étude allait dans le sens d'une étude contrôlée randomisée incluant 60 patients ayant subi une arthroplastie de genou ou de hanche. Les 30 patients du groupe expérimental ont reçu en complément de leur thérapie conventionnelle la visualisation d'actions animées, 6 fois par semaine pendant 3 semaines. Alors que le groupe contrôle visualisait des vidéos de monuments historiques. Au décours de ces trois

semaines, le groupe expérimental s'améliorait significativement plus que le groupe contrôle dans l'indépendance fonctionnelle et la mesure de Tinetti Balance Assessment Tool [45].

Plus récemment, une nouvelle étude contrôlée randomisée, regroupant 31 patients inclus au décours d'une arthroplastie totale de genou a permis de mettre en avant une amélioration significative des amplitudes articulaires actives de genou en flexion et en extension dans le groupe expérimental. Sans pour autant mettre en avant les résultats encourageants sur la douleur, la raideur et la fonction que retrouvait *Park & al.* [46].

Ces trois études aux résultats divers et variés amènent une réflexion sur l'usage de l'AOT dans les pathologies locomotrices.

Pour autant, ces études n'expliquent pas le mécanisme physiologique mis en jeu dans l'amélioration d'une pathologie périphérique grâce à la stimulation du système des neurones miroirs par le biais de l'AOT.

La seule piste évoquée serait un effet « top-down » qui consisterait en l'amélioration de la fonction ou de la force d'une structure périphérique par la stimulation du système nerveux central [45].

C'est dans l'optique d'expliquer ces mécanismes, dont l'effet « top-down » et de développer l'expérimentation de l'AOT que notre étude s'est construite à travers un outil spécifique, les Point-Light-Display.

#### **1.4 Les Point-Light-Displays en rééducation :**

Cette technique basée sur les concepts précédemment décrits de système de neurones miroirs et d'Action Observation Training, permet à l'utilisateur de visualiser des points lumineux, représentant des articulations, sur un fond noir.

Ces points lumineux en mouvement peuvent représenter des mouvements biologiques ou non biologiques et malgré le fait que l'image soit réduite à cette simple cinématique lumineuse, la première utilisation documentée remontant à 1973 par *Johannson*, a montré que l'être humain était capable de reconnaître facilement les actions observées. [47]

Des études ont même permis de démontrer que des sujets étaient capables de reconnaître une action même à travers l'ajout d'un masquage par des points ne

représentant pas une action mais des mouvements aléatoires, linéaires ou en rotation [48]. Les sujets étaient même capables d'identifier la direction empruntée par un coureur en action à travers ce masque de points lumineux.

Cette sensibilité était même étendue à la reconnaissance de l'émotion visualisée [49–52], du sexe [53–55].

La reconnaissance des PLD était même améliorée lorsque le sexe du sujet était congruent à celui du modèle représenté et également lorsque le mouvement produit avait déjà été réalisé par l'observateur [56].

Il est aujourd'hui possible d'utiliser plus simplement les PLD grâce à une plateforme en ligne PLAViMop (<https://plavimop.prd.fr/fr/>). Cette plateforme permet de contrôler et transformer les PLD dans une base de données comprenant environ 200 mouvements. [57]

### **1.5 Hypothèse formulée :**

Face à l'importance de la gonarthrose dans la population française et mondiale, à la modification du management de la rééducation pré et post arthroplastie de genou, de nouveaux outils nous semblent intéressants à évaluer, surtout quand ils permettent une autonomie de réalisation aux patients et même une utilisation à domicile.

Dans ce contexte l'évaluation, pour des patients ayant subi une arthroplastie totale de genou, de la visualisation d'actions animées sur tablette par le biais des PLD nous paraissait utile à réaliser étant donné l'absence de données probantes dans les pathologies périphériques.

Notre étude (Annexe 2) a donc pour but d'évaluer la valeur ajoutée de l'observation de PLD dans la rééducation de l'arthroplastie totale de genou et au vu des différents travaux déjà menés, nous nous attendons à ce que l'ajout de la visualisation de point-light display en plus de la thérapie conventionnelle chez des patients ayant subi une arthroplastie totale de genou améliore la récupération fonctionnelle de ces derniers grâce à la réactivation des représentations sensori-motrices entraînant un effet top-down [45].

# Méthode

## **2.1 Design de l'étude**

Cette étude pilote contrôlée randomisée a été conçue pour évaluer la valeur ajoutée de l'entraînement par visualisation de PLD combiné à de la rééducation conventionnelle chez des patients présentant une arthroplastie totale de genou après 3 semaines d'intervention.

Le recrutement a été réalisé dans le service de médecine physique et de réadaptation du CHU de Poitiers entre 2019 et 2021. Tous les participants ont donné leur consentement écrit et éclairé avant leur inclusion dans l'étude. L'étude a été menée conformément à la Déclaration d'Helsinki et approuvée par le comité d'éthique. L'étude a été approuvée par le CPP Ile de France II (2019-A00450-57) et est enregistrée sur [clinicaltrials.gov](https://clinicaltrials.gov) (NCT03856983).

## **2.2 Critères d'inclusion et d'exclusion**

Tous les volontaires âgés de 18 ans ou plus ayant subi une arthroplastie totale de genou, secondaire à une arthrose symptomatique, pouvaient être inclus dans l'étude. Ils devaient également se situer dans la phase subaiguë de l'opération soit entre J5 et J9 post-opératoire.

Par ailleurs ces patients ne pouvaient être inclus s'ils présentaient une affection locomotrice n'étant pas due à une chirurgie du genou, des troubles visuels non corrigés ou une comorbidité altérant la locomotion (antécédents d'accident vasculaire cérébral, affection neurologique, rhumatisme inflammatoire).

Des critères d'exclusion similaires aux études de *Villafane* [46] et *Belleli* [45] ont également été adoptés à savoir un MMSE > 21 [58] et un BDI < 9 [59].

## **2.3 Procédure**

Les patients éligibles ont été répartis par randomisation selon un rapport 1 :1 entre le groupe témoin et le groupe contrôle.



Cette randomisation a été faite automatiquement avec une stratification par âge (18-28 ans, 29-60 ans et  $\geq 61$  ans) et par sexe (Homme/ Femme) en accord avec l'influence de ces paramètres sur la perception visuelle des PLD [60].

Le groupe contrôle a reçu une thérapie rééducative conventionnelle avec 2 séances de 90 minutes de kinésithérapie par jour, 5 jours par semaine pendant 3 semaines. Cette thérapie conventionnelle consistait en des séances de kinésithérapie avec levée de sidération quadricipitale, mobilisation passive (mobilisation sur arthromoteur) et active du genou axée sur la récupération d'amplitude du mouvement, massages, techniques de décontraction musculaire, pressothérapie et balnéothérapie.

Parallèlement, le groupe expérimental a reçu une prise en charge rééducative conventionnelle similaire au groupe contrôle combinée à des tâches d'observation et de reconnaissance de PLD de 5 minutes avant et après la kinésithérapie, à raison d'une séance par jour (le matin), pendant 3 jours par semaine.

Les tâches d'observation et de reconnaissance de PLD consistaient à observer une séquence animée représentant un mouvement humain des membres inférieurs pendant 20 secondes (voir figure 3) et à nommer oralement l'action présentée dans les 3 secondes.

Etant donné que de nombreux travaux ont montré que la simple observation de PLD était suffisante pour activer le système des neurones miroirs [61], la tâche de reconnaissance préalable a été considérée comme une condition de contrôle pour s'assurer que les patients étaient attentifs à la tâche d'observation.

Les stimuli visuels sous forme de PLD consistaient à une représentation de mouvements humains affichés au centre d'un écran de tablette (10 pouces, 25 cm de diagonale). Ces PLD ont été construits à partir de l'enregistrement d'un jeune homme qui a effectué les différentes actions avec 33 marqueurs sur le corps (Voir Annexe 2 pour une description complète). Chaque action a été capturée avec un système Vicon-Nexus à une fréquence d'échantillonnage de 100 Hz avec 20 caméras MX-T40. Ensuite, chaque stimulus a été modifié avec le logiciel PLAViMoP [57]. Après transformation, tous les stimuli étaient composés de 13 points représentant les principaux membres du corps (épaules, coudes, poignets, hanches, genoux, chevilles)

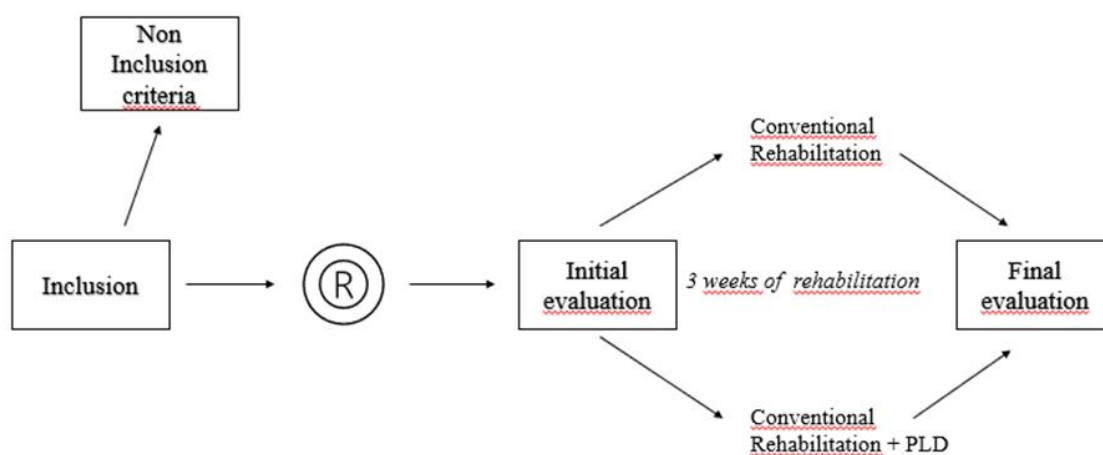
et la tête. La taille des points était de 0.5 cm et le zoom appliqué produisait un PLD d'environ 15-20 cm de haut sur l'écran.

Pour les tâches perceptives, 24 PLD (12 représentant des actions des membres supérieurs et 12 représentant des actions des membres inférieurs, voir Annexe 2 pour un tableau avec toutes les actions effectuées) ont été collectées sur la plateforme PLAViMoP (<https://plavimop.prd.fr/en/motions>).

Pour la tâche d'observation, les 12 actions humaines PLD des membres inférieurs ont été utilisées.

Pour les tâches de perception et d'observation, toutes les actions étaient présentées centrées à l'écran. Une fois encore le patient devait nommer l'action dans les 3 secondes. Si le patient ne connaissait pas la réponse ou s'il donnait une mauvaise réponse, l'expérimentateur donnait la bonne réponse au bout de 3 secondes.

La procédure était divisée en 3 phases : Evaluation initiale, rééducation et évaluation finale (voir figure 3).



**Figure 4.** Design expérimental.

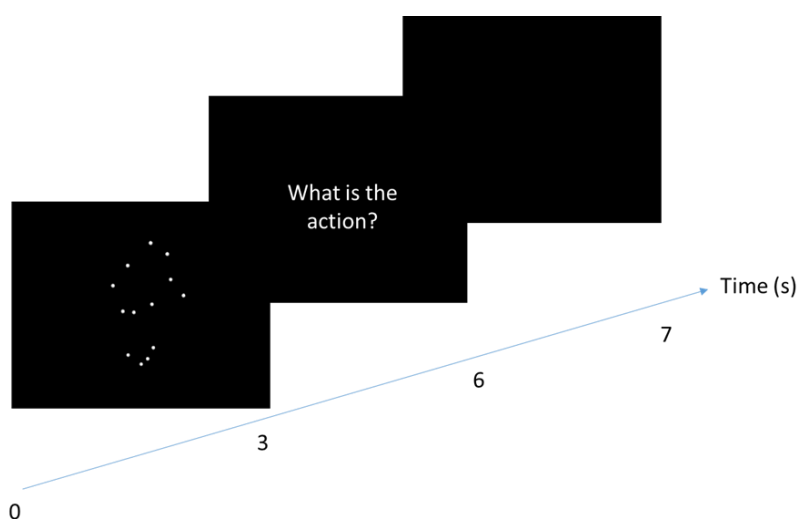
## **2.4 Critère de jugement principal**

Le « Time Up and Go » test [62] évaluait la mobilité fonctionnelle des patients. Ce test évalue la capacité du patient à se lever d'une chaise, à marcher 3 mètres, à revenir à la chaise et à s'asseoir. Le temps a été mesuré avant et après le programme de rééducation de 3 semaines.

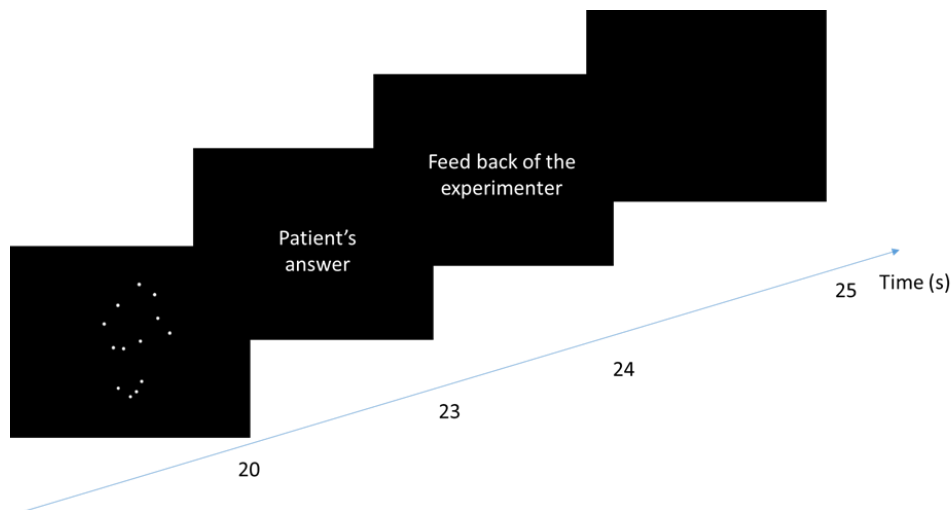
## 2.5 Critères de jugement secondaires

L'évolution motrice a été évaluée à l'aide du questionnaire WOMAC [4]. Fréquemment utilisé pour le suivi des patients ayant subi une intervention chirurgicale [44], il évalue la douleur, la raideur et la difficulté dans les gestes de la vie quotidienne. Ces trois mesures ont été évaluées à l'aide d'une échelle de Likert en 5 points (Annexe 1) avant et après le programme de rééducation de 3 semaines.

Les tests perceptifs réalisés avant et après le programme de rééducation de 3 semaines consistaient en une tâche de reconnaissance de PLD (voir figure 2) comprenant 24 séquences animées, de 3 secondes, représentant des actions humaines (12 actions des membres inférieurs et 12 actions des membres supérieurs). Après chaque présentation, il était demandé au patient de nommer oralement l'action présentée en 3 secondes. Les patients marquaient 1 en cas de bonne réponse ou 0 en cas de mauvaise réponse ou d'absence de réponse. Aucun retour sur l'exactitude des réponses n'était fourni.



**Figure 5.** Déroulement d'une tâche de reconnaissance de PLD réalisée lors de l'évaluation initiale et finale de l'étude dans les deux groupes.



**Figure 6.** Déroulement d'une tâche d'observation d'une séquence animée de PLD dans le groupe expérimental durant l'étude.

Les patients visualisaient donc 12 séquences animées avant et après leur séance de kinésithérapie matinale, trois jours par semaine.

## 2.6 Analyse statistique

Les variables ont été décrites par leur moyenne et leur écart-type (SD) ou par leur médiane et leur écart interquartile (IQR) selon la distribution de la normalité des données. Les variables ont été vérifiées pour le respect de la normalité (avec le test de Shapiro-Wilk) et l'homogénéité de la variance (avec le test de Levene). Les temps d'exécution du TUG avant et après le programme de rééducation ne respectaient pas la normalité. Par conséquent, la comparaison entre le groupe expérimental et le groupe de contrôle a été effectuée avec un test non paramétrique de Mann-Whitney. Pour les autres tâches (scores WOMAC et de reconnaissance), une ANOVA mixte a été utilisée où le groupe (contrôle, PLD) a été considéré comme facteur de groupement et le temps (pré, post) comme facteur répété. Lorsque l'interaction était significative, des comparaisons post hoc ont été effectuées à l'aide de tests de Bonferroni. Pour toutes les analyses, le niveau de signification a été fixé à  $p < 0,05$ . Pour chaque analyse significative, l'êta carré partiel indique la taille de l'effet. Des tests de Student ou de Mann-Whitney ont été effectués pour analyser la différence entre les groupes au niveau du pré-test et/ou du post-test et pour comparer l'amélioration du score (score au post-test - score au pré-test) entre les groupes.

# Résultats

## 3.1 Participants

Trente-six adultes (18 femmes,  $62,9 \pm 8,7$  ans) ayant subi une arthroplastie totale du genou ont été inclus. Trois participants ont été exclus au cours de l'étude (1 pour COVID-19, 1 pour une infection et 1 pour une chute avec fracture). De plus, les données de 5 participants ont été retirées de l'analyse car leurs scores au pré et/ou post-test étaient trop éloignés de la moyenne de leur groupe (plus de 1,6 écart-type). Aucun participant ne présentait de troubles cognitifs, de dépression, de troubles visuels non corrigés ou de comorbidité altérant la locomotion (antécédents d'accident vasculaire cérébral, affection neurologique, rhumatisme inflammatoire). Finalement, 14 participants sont restés dans le groupe témoin et 14 participants dans le groupe expérimental (tableau 1).

| Variables                | Control group   | PLD group       | p-value |
|--------------------------|-----------------|-----------------|---------|
| Age (years)              | $60.4 \pm 10.3$ | $64.8 \pm 6.4$  | 0.192   |
| BMI (kg/m <sup>2</sup> ) | $30.7 \pm 4.8$  | $29.9 \pm 4.8$  | 0.691   |
| Score VAS                | $2.8 \pm 2.2$   | $3.9 \pm 1.9$   | 0.149   |
| MMSE                     | $27.6 \pm 2.4$  | $28.8 \pm 1.3$  | 0.127   |
| Beck depression score    | $1.07 \pm 1.73$ | $1.00 \pm 2.45$ | 0.930   |

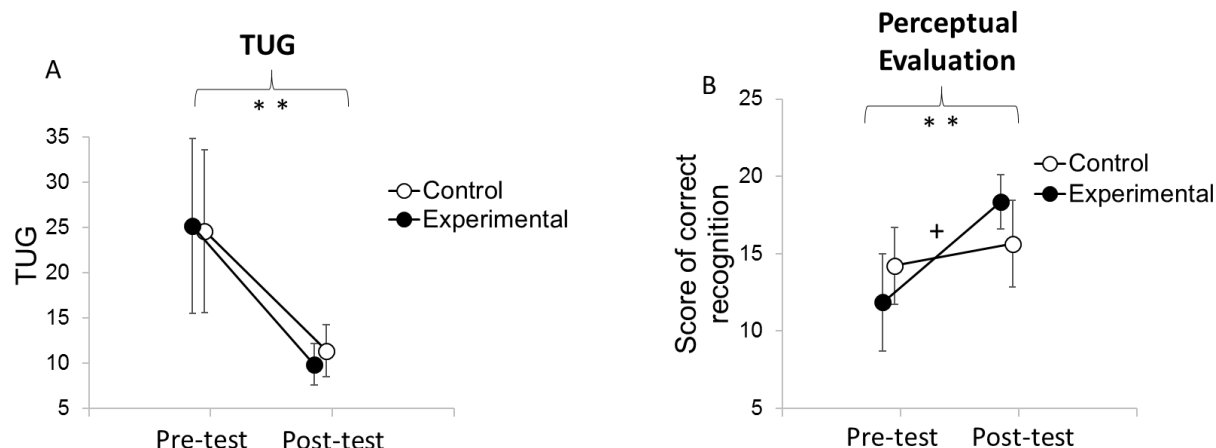
**Tableau 1.** Caractéristiques des patients inclus dans le groupe contrôle et dans le groupe expérimental ainsi que les comparaisons inter-groupe évaluées par un test-t de Student.

## 3.2 Mobilité fonctionnelle

La différence entre les temps pré et post-test en TUG a été comparée pour les deux groupes avec un test de Wilcoxon. Les résultats indiquent une amélioration entre les performances pré et post-test du TUG dans le groupe contrôle ( $M = -11.5$ ms,  $DS = 15.2$ ms, Kendall  $W = 0.85$  ;  $p < .001$ ) et dans le groupe expérimental ( $M = -15.3$  ms,  $DS = 14.2$  ms, Kendall  $W = 0.74$  ;  $p < .001$ ).

On ne retrouve cependant pas de différence significative dans cette amélioration du TUG entre les deux groupes selon le test de Mann-Whitney.

Les évaluations ont été réalisées en pré-test à 0 semaine et en post-test à 3 semaines.



**Figure 6.** Résultats du TUG et des scores d'évaluation perceptive par groupe avant et après les trois semaines de rééducation. Les barres d'erreurs représentent les intervalles de confiance à 95%.

\*\* indique un effet selon le moment d'évaluation selon  $p < 0.001$ .

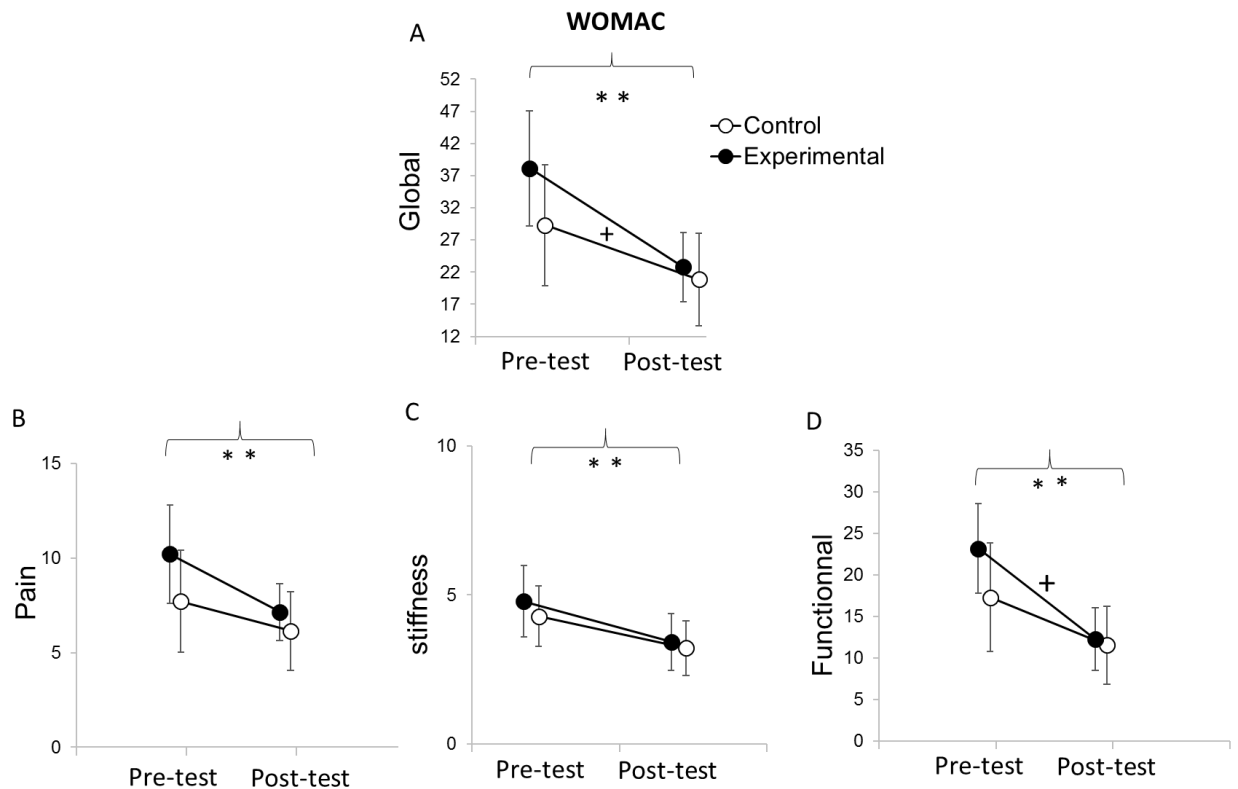
+ indique une interaction entre les moments d'évaluation selon  $p < 0.05$

### 3.3 Critères moteurs

L'analyse statistique n'a montré aucune différence significative entre les groupes ( $t_{26} = -1,48$  ;  $p = 0,14$ , voir tableau 2).

L'analyse du score global WOMAC (voir Figure 5A) n'a montré aucun effet principal significatif du groupe ( $F(1,26) = 1,21$  ;  $p = 0,28$ ), alors qu'un effet principal significatif du temps ( $F(1,26) = 55,04$  ;  $p < .001$  ;  $\eta^2 P = 0,68$ ) et une interaction entre le groupe et le temps ( $F(1,26) = 4,67$  ;  $p < .05$  ;  $\eta^2 P = 0,15$ ) ont été observés.

L'analyse post hoc indique que les patients des deux groupes ont amélioré leurs scores ( $p < .01$  dans les deux cas). De plus, le groupe expérimental a montré une amélioration plus importante du score global WOMAC par rapport au groupe témoin (Figure 5 et Tableau 2).



**Figure 7.** Résultats moyens des scores WOMAC par groupe et par période. Les barres d'erreur représentent l'intervalle de confiance à 95%.

\*\* indique un effet au moment de l'évaluation à  $p < .001$ .

+ indique une interaction entre le moment de l'évaluation et la condition à  $p < .05$ .

Le pré-test indique le niveau de performance à 0 semaine (avant le programme de réhabilitation) et le post-test indique le niveau de performance à 3 semaines (à la fin du programme de réhabilitation).

L'analyse du score de douleur WOMAC (voir Figure 5B) n'a montré aucun effet principal du groupe ( $F(1,26)=1,64$  ;  $p=0,21$ ), un effet principal du temps ( $F(1,26)=15,67$  ;  $p < .001$  ;  $\eta^2P=0,38$ ) et aucune interaction significative entre le groupe et le temps ( $F(1,26)=1,64$  ;  $p=0,21$ ). L'effet principal du temps indique que les deux groupes ont réduit leur score de douleur du pré-test ( $M=8,96$  ;  $SD=4,68$ ) au post-test ( $M=6,64$  ;  $SD=3,12$ ).

L'analyse du score de raideur WOMAC de (voir Figure 5C) n'a montré aucun effet principal du groupe ( $F(1,26)=0,35$  ;  $p=0,56$ ), un effet principal du temps ( $F(1,26)=17,27$  ;  $p < 0,001$  ;  $\eta^2P=0,40$ ), et aucune interaction entre le groupe et le temps ( $F(1,26)=0,23$  ;  $p=0,63$ ). Les patients des deux groupes ont réduit leur score de raideur par rapport au pré-test ( $M=4,54$  ;  $SD=1,92$ ) en comparaison avec le post-test ( $M=3,32$  ;  $SD=1,59$ ).

Aucune différence significative n'a été montrée entre les groupes pour les scores fonctionnels WOMAC en pré-test ( $t_{26}=-1,49$  ;  $p=.15$ ) (Tableau 2). L'analyse du score WOMAC fonctionnel (voir Figure 5D) n'a montré aucun effet principal du groupe ( $F(1,26)=1,04$  ;  $p= 0,31$ ), un effet principal du temps ( $F(1,26)=54,13$  ;  $p<.001$  ;  $\eta^2P=0,68$ ), et une interaction significative entre le groupe et le temps ( $F(1,26)=5,12$  ;  $p<.05$ ;  $\eta^2P=0,16$ ).

L'analyse post hoc a montré que les deux groupes ont amélioré leur score fonctionnel entre le pré-test ( $M=20,21$  ;  $SD=10,6$ ) et le post-test ( $M=11,86$  ;  $SD=7,25$ ).

L'analyse a montré que le groupe expérimental a connu une plus grande amélioration des scores fonctionnels WOMAC que le groupe témoin ( $t_{26}=-2,26$  ;  $p=.032$ ) (Tableau 3).

|                                  | t      | df | p      |
|----------------------------------|--------|----|--------|
| <b>PRE test</b>                  |        |    |        |
| Score WOMAC global pre-test      | -1.478 | 26 | 0.151  |
| Score WOMAC pain pre-test        | -1.442 | 26 | 0.161  |
| Score WOMAC stiffness pre-test   | -0.684 | 26 | 0.500  |
| Score WOMAC functional pre-test  | -1.494 | 26 | 0.147  |
| <b>POST test</b>                 |        |    |        |
| Score WOMAC global post.-test    | -0.466 | 26 | 0.645  |
| Score WOMAC pain post-test       | -0.844 | 26 | 0.406  |
| Score WOMAC stiffness post-test  | -0.351 | 26 | 0.728  |
| Score WOMAC functional post-test | -0.256 | 26 | 0.800  |
| <b>Difference</b>                |        |    |        |
| Difference WOMAC global          | -2.161 | 26 | 0.040* |
| Difference WOMAC pain            | -1.279 | 26 | 0.212  |
| Difference WOMAC Stiffness       | -0.489 | 26 | 0.629  |
| Difference WOMAC Fonctionnal     | -2.264 | 26 | 0.032* |

**Tableau 2.** Comparaisons par test-t de Student entre les groupes contrôle et expérimental pour les performances sur le WOMAC.



### 3.4 Evaluation perceptive

L'analyse des scores de reconnaissance correcte des PLD (figure 4B) n'a montré aucun effet principal du groupe ( $F(1,26)=0,01$  ;  $p= 0,91$ ), un effet principal du temps ( $F(1,26)=37,52$  ;  $p<.001$  ;  $\eta^2P=0,59$ ), et une interaction significative entre le groupe et le temps ( $F(1,26)=13,35$  ;  $p<.001$  ;  $\eta^2P=0,37$ ).

L'analyse post hoc a indiqué que seuls les patients du groupe expérimental en ont bénéficié ( $p<0,001$ ) alors que les patients du groupe témoin n'en ont pas bénéficié ( $p=0,78$ ). Il est intéressant de noter que l'amélioration de la reconnaissance était plus importante pour le groupe expérimental que pour le groupe témoin ( $U_{14,14}=33,5$  ;  $p=.003$ , voir tableau 3).

| <b>Independent Samples T-Test</b> |              |                  |             |
|-----------------------------------|--------------|------------------|-------------|
|                                   | <b>Test</b>  | <b>Statistic</b> | <b>df p</b> |
| recognition PLD-pre-test          | Student      | 1.271            | 26 0.215    |
| recognition PLD-post-test         | Student      | -1.777           | 26 0.087    |
| difference recognition            | Mann-Whitney | 33.500           | 0.003*      |

**Tableau 3.** Comparaisons par test t de Student entre les groupes contrôle et expérimental pour leurs performances dans la tâche de reconnaissance de PLD.

\* indique des différences significatives entre les groupes expérimentaux et contrôles.

Le test t de Student a été effectué pour la reconnaissance des PLD avant et après le test et le test de Mann-Whitney a été effectué pour la différence car les données ne correspondaient pas à l'hypothèse de normalité.

# Discussion

## 4.1 Analyse descriptive

Cette étude avait pour but de déterminer la valeur ajoutée de la visualisation de PLD dans la rééducation et la réhabilitation au décours d'une arthroplastie totale de genou.

L'objectif principal était de déterminer si l'observation de PLD ajoutée au programme de réhabilitation conventionnel d'une arthroplastie totale de genou pouvait améliorer le rétablissement de ces patients à travers le TUG et le score WOMAC. Les résultats ont montré que l'ajout de l'observation PLD n'avait aucun effet sur la performance du TUG, de la douleur et de la raideur du WOMAC, alors qu'un bénéfice significativement plus important a été observé dans le groupe expérimental par rapport au groupe contrôle sur les scores fonctionnels, globaux du WOMAC et la reconnaissance des actions.

Nos résultats rejoignent ceux de *Park & al.*[44], qui montrait un bénéfice significatif de l'observation d'action sur le score WOMAC global mais une absence de bénéfice pour les performances du TUG. Cependant nos résultats diffèrent en ce qui concerne la douleur et la raideur, où nous n'avons pas obtenu d'interaction entre les groupes et les moments de l'évaluation. Pour la douleur, cela pourrait être expliqué par le fait que nous n'avons pas utilisé la même évaluation (EVA pour *Park*, 2014 et WOMAC dans la présente étude). Pour la raideur, la différence pourrait être due aux patients qui ont été inclus dans les études. En effet, dans la présente étude, les patients avaient un niveau de score de raideur plus faible avant le programme de rééducation (moyenne = 4,5) que dans l'étude de *Park* (moyenne = 7,1). De même, l'absence de différence significative entre le groupe expérimental et contrôle dans le post-test (tous les  $p > .08$ ) pourrait être due aux scores du pré-test.

Par exemple, les patients de l'étude actuelle avaient un score moyen de 20,2, alors que les patients de l'étude *Park* avaient un score moyen de 73. De plus, même si la pratique d'observation de PLD était similaire à celle de l'étude de *Park*, le temps de pratique physique était trois fois plus important dans notre étude (2\*90 minutes/jour, 5 jours par semaine vs 30 minutes/jour, 3 jours par semaine), ce qui aurait pu augmenter les bénéfices obtenus par le groupe témoin. Néanmoins, dans la présente étude, les différences statistiques entre l'évolution des groupes témoin et expérimental pour les

scores WOMAC globaux et les scores WOMAC fonctionnels confirment une amélioration plus importante dans le groupe expérimental que dans le groupe témoin.

La comparaison avec l'étude de *Bellelli* [45] est difficilement interprétable avec l'usage d'une mesure de l'indépendance fonctionnelle par le score FIM et l'usage d'une échelle de Tinetti en lieu et place du WOMAC et du TUG dans notre étude. Cependant, *Bellelli & al.*, observait un gain significatif de la mesure d'indépendance fonctionnelle dans le groupe expérimental ce qui se rapproche du gain retrouvé dans le sous-score fonctionnel du WOMAC dans notre étude. De plus, *Bellelli & al.* Note une amélioration significative du score de Tinetti dans le groupe expérimental, ce qui n'est pas retrouvé dans l'étude de *Villafane & al.* [46].

En effet, cette dernière étude, réalisée sur un échantillon assez faible, similairement à notre étude, ne retrouvait pas d'effet significatif de l'observation d'actions animées sur des scores fonctionnels comme la SF-36 (Short Form Health Survey Item-36), l'index de Barthel, le score Tinetti ou sur des scores plus spécifiques à la gonarthrose comme l'indice de Lequesne. Par contre, il est à noter des différences significatives sur les amplitudes articulaires dans cette étude avec des gains en faveur du groupe expérimental estimés respectivement à 15,6° et 3,4° pour la flexion active et l'extension active de genou [46].

Tout ceci suggère que l'observation de PLD induit des effets positifs sur la récupération fonctionnelle au même titre que les résultats observés dans l'AOT classique (*Bellelli et Park*) chez les patients ayant subi une arthroplastie totale de genou. Les mécanismes de cette amélioration méritent encore de plus amples recherches pour être précisément déterminés même si le concept d'un effet « top-down » (*Bellelli & al*) reste plausible. Ce concept émet le postulat qu'une stimulation corticale répétitive et ciblée sur un mouvement permet d'améliorer au niveau périphérique l'amélioration de ce mouvement. Des études ont d'ailleurs montré que l'observation de PLD activait les représentations motrices au niveau central [48,63,64], permettant une adaptation périphérique dans un deuxième temps.

Par conséquent et de la même manière que pour l'AOT, l'observation de PLD apparaît en capacité d'activer un schéma moteur par la stimulation du système des neurones miroirs.

Ce phénomène est intéressant car il permettrait de travailler très rapidement un membre ou segment de membre, même si ce dernier est immobilisé ou défaillant. Ou

à défaut de limiter l'altération du mouvement et de la performance motrice tout en préservant l'organisation corticale du système moteur. [65]

En complément, notre étude a démontré que l'observation de PLD améliore la capacité à reconnaître des actions de PLD, ce qui suggère que la sensibilité aux PLD peut s'améliorer avec le temps. Ce phénomène était déjà observé dans la littérature puisque certains auteurs avaient démontré que le fait de réaliser couramment les actions visualisées sous forme de PLD permettait d'en améliorer significativement la reconnaissance [49,50]. Inversement certains auteurs ont démontré que la visualisation de PLD pouvait améliorer l'efficacité d'un mouvement en vie courante lorsque celui-ci était visualisé [66].

#### **4.2 Limites de l'étude**

La principale limite de notre étude est la présence d'un biais de réalisation entre les deux groupes étant donné que notre groupe expérimental a bénéficié de 30 minutes de visualisation de PLD sans que nous n'ajoutions au groupe contrôle une tâche de visualisation en parallèle. Ce biais est responsable d'un temps plus conséquent de rééducation dans le groupe expérimental qui pourrait avoir une incidence sur les résultats. Une des solutions à envisager dans des études futures serait, à l'image des études de *Bellelli* [45] et *Villafane* [46], d'ajouter une tâche de visualisation quelconque pour le groupe contrôle comme la visualisation de documentaires géographiques pour l'étude de *Bellelli*.

De plus, le caractère monocentrique de notre étude rend nos résultats difficilement interprétables à la population générale. Des données multicentriques afin de corroborer nos résultats sont envisagées dans la suite de notre étude, LOARAL 2, afin d'augmenter la puissance de ces résultats.

Enfin et nous l'avons précédemment discuté, le côté médico-économique n'apparaît pas dans cette étude pilote mais pourrait apparaître comme un critère de jugement dans de futures études. Nous pourrions notamment intégrer une liste de critères autorisant une sortie d'étude et par extension de SSR du patient permettant d'évaluer la durée moyenne de séjour d'un patient du groupe expérimental vs groupe contrôle.

## Conclusion

Depuis 1973 et l'apparition du concept de PLD, de nombreux travaux sont venus étoffer la connaissance de ce concept et son application dans de nombreux domaines dont celui de la médecine physique et de réadaptation. Cette technique ou similaire, l'AOT, a déjà fait ses preuves dans les pathologies du système nerveux central.

Notre étude pilote, contrôlée et randomisée, monocentrique, avait pour but d'évaluer sa faisabilité et sa valeur ajoutée dans la rééducation d'une pathologie locomotrice telle que l'arthroplastie totale de genou au décours d'une gonarthrose.

Des résultats encourageants sur sa capacité à améliorer des paramètres fonctionnels dans le score WOMAC nous permettent de croire à l'intérêt de l'utilisation de cette méthode dans le futur.

Du fait de certains biais notamment de réalisation et du manque de données de neuro-imagerie sur le lien entre l'activation corticale d'une zone et son effet sur la zone périphérique correspondante, d'autres études devraient être menées pour déterminer comment l'observation de PLD peut améliorer la rééducation et la réhabilitation des patients présentant des troubles locomoteurs. L'impact médico-économique devrait également être intégré dans les critères explorés à l'avenir.

Cette technique pourrait être utilisée très tôt, en association aux techniques classiques dans la rééducation, même en cas de sidération ou d'immobilisation d'un membre ou segment de membre. Elle pourrait même trouver sa place dans des prises en charge ambulatoires au décours d'une chirurgie touchant l'appareil locomoteur.

## Annexes

### Annexe 1 : Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index

#### WESTERN ONTARIO AND MCMASTER OSTEOARTHRITIS INDEX (WOMAC)

Please circle the appropriate rating for each item.

| RATE YOUR PAIN WHEN...                         | NONE | SLIGHT | MODERATE | SEVERE | EXTREME |
|------------------------------------------------|------|--------|----------|--------|---------|
| Walking                                        | 0    | 1      | 2        | 3      | 4       |
| Climbing stairs                                | 0    | 1      | 2        | 3      | 4       |
| Sleeping at night                              | 0    | 1      | 2        | 3      | 4       |
| Resting                                        | 0    | 1      | 2        | 3      | 4       |
| Standing                                       | 0    | 1      | 2        | 3      | 4       |
| RATE YOUR STIFFNESS IN THE...                  | NONE | SLIGHT | MODERATE | SEVERE | EXTREME |
| Morning                                        | 0    | 1      | 2        | 3      | 4       |
| Evening                                        | 0    | 1      | 2        | 3      | 4       |
| RATE YOUR DIFFICULTY WHEN...                   | NONE | SLIGHT | MODERATE | SEVERE | EXTREME |
| Descending stairs                              | 0    | 1      | 2        | 3      | 4       |
| Ascending stairs                               | 0    | 1      | 2        | 3      | 4       |
| Rising from sitting                            | 0    | 1      | 2        | 3      | 4       |
| Standing                                       | 0    | 1      | 2        | 3      | 4       |
| Bending to floor                               | 0    | 1      | 2        | 3      | 4       |
| Walking on even floor                          | 0    | 1      | 2        | 3      | 4       |
| Getting in/out of car                          | 0    | 1      | 2        | 3      | 4       |
| Going shopping                                 | 0    | 1      | 2        | 3      | 4       |
| Putting on socks                               | 0    | 1      | 2        | 3      | 4       |
| Rising from bed                                | 0    | 1      | 2        | 3      | 4       |
| Taking off socks                               | 0    | 1      | 2        | 3      | 4       |
| Lying in bed                                   | 0    | 1      | 2        | 3      | 4       |
| Getting in/out of bath                         | 0    | 1      | 2        | 3      | 4       |
| Sitting                                        | 0    | 1      | 2        | 3      | 4       |
| Getting on/off toilet                          | 0    | 1      | 2        | 3      | 4       |
| Doing light domestic duties (cooking, dusting) | 0    | 1      | 2        | 3      | 4       |
| Doing heavy domestic duties (moving furniture) | 0    | 1      | 2        | 3      | 4       |

**Annexe 2 :** Article paru dans *Medicina* « Valeur ajoutée de l'observation de Poin-Light Display dans la rééducation de l'arthroplastie totale de genou : une étude pilote contrôlée randomisée.

**The added value of point-light display observation in total knee arthroplasty rehabilitation program: a prospective randomized controlled pilot study**

<sup>1</sup> Affiliation 1 : Centre de Recherches sur la Cognition et l'Apprentissage, Université de Poitiers, Université de Tours, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR7295

<sup>2</sup> Affiliation 2 ; Service de Médecine Physique et Réadaptation, Centre hospitalier universitaire de Poitiers

<sup>3</sup> Affiliation 3; PRISMATICS (Predictive Research in Spine/Neurostimulation Management and Thoracic Innovation in Cardiac Surgery), Poitiers University Hospital, Poitiers, France.

<sup>4</sup> Affiliation 4; University of Poitiers, INSERM, CHU Poitiers clinical investigation center CIC 1402, Poitiers, France

\* Correspondence: christel.bidet@univ-poitiers.fr; Tel.: +33 (0)549454697

+ The first and the second authors have contributed similarly

**Abstract:** The present study aimed to assess the potential benefit of the observation of rehabilitation-related point-light display in addition to a conventional 3-week rehabilitation program, the objective to improve functional capacity in patients having undergone total knee arthroplasty. Patients randomized in the control group had conventional rehabilitation treatment with 2 sessions per day 5 days a week of physical therapy (90 minutes), whereas patients in the experimental group had a program of conventional rehabilitation combined with a point-light display observation 2 times per day (5 minutes) and 3 days a week. Whereas the patients of both groups had improved their performances by the end of the program, the pre- and post-test improvement was superior for the experimental than the control group concerning the total WOMAC score ( $p=.04$ ), the functional WOMAC score ( $p=.03$ ), and correct recognition of point-light displays ( $p=.003$ ). These findings provide new insight favoring systematic point-light display observation to improve functional recovery in patients with total knee arthroplasty.

**Keywords:** point-light display; action observation; rehabilitation; total knee arthroplasty

## 1. Introduction

Total knee arthroplasty (TKA) nowadays represents an international standard of care with 1,324,000 total knee primary and revision procedures in 18 countries worldwide, especially in the aging population [67]. Despite major technological and technical advances to optimize TKA surgery [68], a key challenge is still the rehabilitation from impaired mobility, which has been that shown to hamper daily life activity, social participation and quality of life [69,70]. While conventional rehabilitation provided by physiotherapists is widely used, some new solutions/approaches should be explored in order to potentiate the walking capacity recovery in persons having undergone TKA, such as the observation of videos reproducing specific knee movements.

By activating mirror neuron networks [71,72], Action Observation Training (AOT) has been used for more than a decade to improve motor function rehabilitation in pathologies with central deficits such as stroke [73,74], cerebral palsy [75,76] Parkinson's disease [77]. While AOT efficacy has been clearly proven for rehabilitation of central disorders [78], this approach has been significantly less studied in peripheral disorders [79–81]. In a randomized case-control study, Bellelli et al. [79] used a 3-week combined program including conventional post-orthopedic rehabilitation (1 hour a day, 6 days a week) and AOT (24 minutes a day, 6 days a week) in 60 patients with post-orthopedic surgery (hip arthroplasty, knee arthroplasty, hip fracture repair). The authors reported benefits of adding AOT combined with a conventional rehabilitation program to improve functional capacity (assessed with Functional Independence Measure (FIM)). Similarly, improvement of functional capacity, assessed with the Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index (WOMAC), has been observed in 18 TKA patients participating in a 3-week rehabilitation program combining conventional rehabilitation (30 minutes a day, 3 days a week) and AOT (10 minutes a day, 3 days a week) [80]. Therefore, AOT may be able to limit the alteration of movement and motor

performance induced by nonuse limb [82]. Moreover, we hypothesize that the reactivation of healthy and pain less motor pattern with action observation could facilitate motor capacity recovery through a top-down effect [79]. All in all, these studies provide encouraging results suggesting AOT as a complementary approach to potentiate conventional rehabilitation programs [78].

In addition to the beneficial aspects, AOT is simple to implement insofar as it requires little equipment, few staff members and can be done at different times outside of care. However, AOT requires a massive videos database or real-time observation of a participant, which is relatively costly. Moreover, each author classically builds his/her stimuli to assess the effects of AOT for specific rehabilitation programs, which renders it difficult to standardize in clinical practice. One alternative could be the use of point-light displays (PLD).

With limited information presented to a participant, numerous studies have demonstrated that with the PLD technique [83], which consists in displaying a basic reconstructed model with a joint visible to observers, he/she is able to identify a movement [84–89]. PLD has been largely used in the literature (i) to investigate the mechanisms involved in action observation [e.g., 90–92] and (ii) to learn new motor gestures [93–97]. For example, Saber et al. [97] have compared the efficacy of classical action observation and PLD observation in the acquisition of new motor skills in children with Autism Spectrum Disorder. They showed that both classical observation and PLD observation are effective ways of learning new motor skills. Interestingly, the condition with PLD observation has entailed more attention to the relevant limbs than the condition with classical observation. In the same manner, Francisco et al. [94] have shown that PLD observation can improve biomechanical and transfer performance in judo practice. Consequently, by adding a simplified approach to AOT, PLD could reinforce previous promising results observed in the walking capacity of TKA patients after a combined rehabilitation program.

In order to obtain new information on the walking capacity management of TKA with AOT, we designed a prospective randomized pilot study comparing conventional therapy over a 3-week period with or without observation of PLD for the recovery of motor function in patients with TKA. The primary objective was to assess whether the addition of PLD observation to conventional rehabilitation can improve functional mobility (Time Up and Go test) of patients with total knee arthroplasty. The secondary objectives were to compare evaluation of PLD observation on motor recovery (pain, stiffness and the difficulty for daily life actions) and action recognition. Our main hypothesis was that the addition of PLD observation should improve the functional recovery and action recognition of patients with total knee arthroplasty as it was observed for classical action observation [79,80].

## **2. Materials and Methods**

### *2.1. Study Design*

This two-arm parallel prospective interventional randomized controlled monocentric pilot study was designed to assess the added value of PLD training combined with conventional rehabilitation of walking in patients presenting with TKA after 3 weeks.

Recruitment was performed in the Physical Medicine and Rehabilitation department of the University Hospital of Poitiers between 2019 and 2021. All participants gave their informed written consent before their inclusion in the study. The study was conducted in accordance with the Declaration of Helsinki and approved by the ethics committee. The study was approved by the CPP Ile de France II (2019-A00450-57) and is registered at clinicaltrials.gov (NCT03856983).

### *2.2. Inclusion and exclusion criteria*



All volunteers over 18 years of age having undergone knee surgery could be included in the study. Patients could not be included in the study if they had any locomotor condition not due to knee surgery, uncorrected visual disturbances or comorbidity altering locomotion (history of stroke, neurological condition, inflammatory rheumatism).

In addition, participants were allowed to continue if MMSE > 21 [98] and BDI < 9 [99]. These non-inclusion criteria are similar to those applied in the studies by Villafane and Belleli [79,81].

After written consent, randomization was made and a group (experimental or control) was attributed to each patient. Following which, each patient underwent initial evaluation (motor and perceptual tasks) and three weeks of rehabilitation in accordance with his/her group. At the end of rehabilitation, all patients underwent the final evaluations (motor and perceptual tasks).

### *2.3. Procedure*

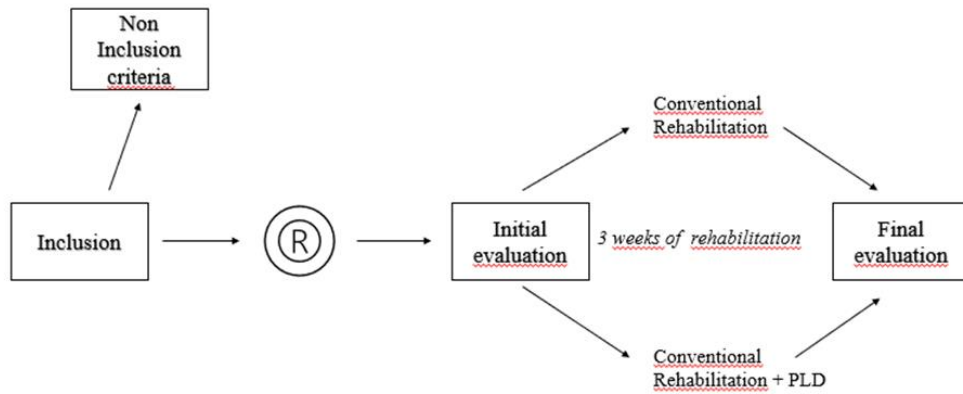
Eligible patients were randomly assigned in a 1:1 ratio to the control or the PLD group. Randomization was automatically made with a stratification by age (18-28 years, 29-60 years and  $\geq 61$  years) and sex (Male / Female) in accordance with the influence of these parameters on visual perception of PLDs [87,100].

The control group received conventional rehabilitation treatment with 2 sessions of 90 minutes of physical therapy per day, 5 days a week for 3 weeks. Conventional rehabilitation consisted in physiotherapy sessions with passive and active (with an arthromotor) mobilization of the knee focusing on range of motion (techniques for awakening the quadriceps, active work assisted by flexion of the knee), massages, contract-release techniques, and balneotherapy with healing waters.

The PLD group received similar conventional rehabilitation combined with a 5-minute PLD observation and recognition tasks before and after physical therapy for 1 session per day (on the morning), for 3 days a week. PLD observation and recognition tasks consisted in observing an animated sequence representing human movement of the lower limbs for 20 seconds (see Figure 3) and orally naming the presented action within 3 seconds. Given many works have shown that the simple observation of PLD was sufficient to activate the mirror neuron system [61,101], the recognition's task performed was considered as a control condition to ensure that patients were focused on the PLD.

Visual stimuli consisted of PLD representing human movements displayed centered in a tablet screen (10', 25 cm in diagonal). These PLDs are built from the recording of a young man who performed the different actions with 33 markers on the body (see Appendix B for a complete description). Each action was captured with a Vicon-Nexus system at 100 hz of sample rate with 20 MX-T40 cameras. Afterwards, each stimulus was modified with PLAViMoP Software [102]. Following transformations, all stimuli were composed of 13 dots representing the main limbs of the body (shoulders, elbows, wrists, hips, knees, ankles) and the head. The size of the dots was 0.5 cm and the zoom applied produced a PLD about 15-20cm high on the screen. For the perceptual tasks, twenty-four PLDs (12 representing lower limb actions and 12 representing upper-limb action, see Appendix A for a table with all actions carried out) were collected on the PLAViMoP platform (<https://plavimop.prd.fr/en/motions>). For the observation task, the 12 lower limb PLD human actions were used. For both perceptual and observation tasks, all PLDs were presented centered in the screen. Once again, the patient had to name the action within 3 seconds. If the patient did not know the response or provided a wrong answer (e.g., jump instead of walk), the experimenter gave the correct answer after 3 s.

The procedure was divided into 3 phases: initial evaluation, rehabilitation and final evaluation (see Figure 1).



**Figure 1.** Experimental design.

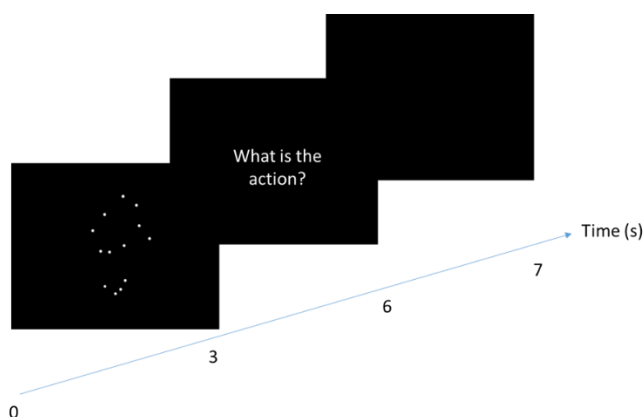
#### 2.4. Primary outcome

The "Time Up and Go" test [TUG, 103] assessed the patients' functional mobility. This test evaluates the patient's ability to get up from a chair, walk 3 meters, come back to the chair and sit down. Time was measured before and after the 3-week rehabilitation program.

#### 2.5. Secondary outcomes

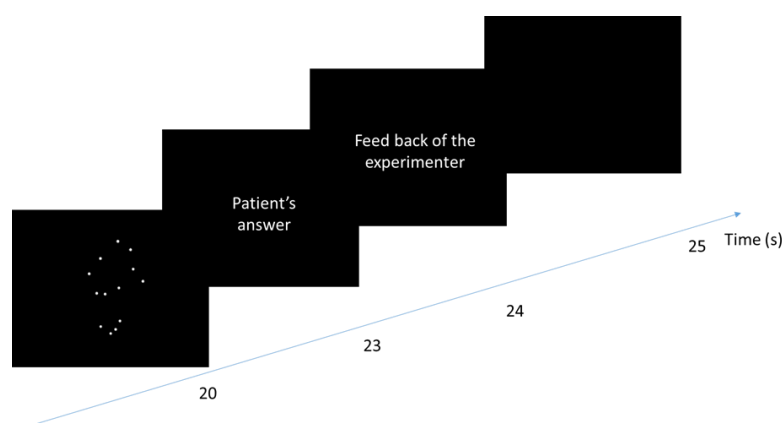
Motor outcome was assessed with the WOMAC questionnaire [Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index, 104]. Frequently used for follow-up of patients who having undergone surgery [80], assesses pain, stiffness and the difficulty for daily life actions. These three measures were assessed with a 5-point Likert scale (0 representing a zero level and 4 representing an extreme level, see Appendix C) before and after the 3-week rehabilitation program.

Perceptual tests completed before and after the 3-week rehabilitation program consisted in a PLD recognition task (see Figure 2) comprising 24 animated sequences representing human actions (12 lower limb actions and 12 upper limb actions) during 3 seconds. After each presentation, the patient was asked to orally name the presented action within 3 seconds. Patients scored 1 in case of right response or 0 in case of wrong or no response. No feedback on the correctness of the answers was provided.



**Figure 2.** Time course of a trial of the recognition task carried out by both groups in initial and final evaluations. The patients saw a PLD representing an upper or a lower human action (from 1- to 3-s) and

they had to name the action perceived. They had 2 seconds to answer. The experimenter noted for each trial if the answer was correct or not.



**Figure 3.** Time course of a trial of observation task for the experimental group. The patients saw on a loop (during 20-s), a PLD representing a lower human action. After this, they had 3-s to name the perceived action. When the response was correct the experimenter say “it is correct” and when it was false, the experimenter gave the good answer. The next trial started after 1-s.

## 2.6. Statistical analysis

Variables were described by their means and standard deviation (SD) or by their medians and interquartile range (IQR) depending on normality distribution of the data. Variables were checked for the respect of normality (with the Shapiro-Wilk test) and variance homogeneity (with the Levene test). Times to perform the TUG before and after the rehabilitation program did not respect normality. Consequently, comparison of the experimental and the control groups was performed with a non-parametric Mann-Whitney test. For the other tasks (WOMAC and recognition scores), a mixed ANOVA was used where the group (control, PLD) was considered as grouping factor and the time (pre, post) was considered as repeated factor. When interaction was significant, post hoc comparisons were performed with Bonferroni tests. For all analyses, the significance level was set at  $p < 0.05$ . For each significant analysis, partial eta square indicates effect size. Student-t-test or Mann-Whitney were performed to analyze the difference in pre-test and/or post-test between groups and to compare the score improvement (score in post-test – scores in pre-test) between groups.

## 3. Results

### 3.1. Participants

Thirty-six adults (18 females,  $62.9 \pm 8.7$  years) who underwent a total knee arthroplasty were included. Three participants were excluded during the study (1 for COVID-19, 1 for infection and 1 for fall with fracture). Moreover, the data of 5 participants were removed from the analysis because their scores in pre and/or posttest were too far from the mean of their group (more than 1.6 standard deviation). No participant presented cognitive disorders, depression, uncorrected visual disturbances or comorbidity altering locomotion (history of stroke, neurological condition, inflammatory rheumatism). Finally, 14 participants remained in the control group and 14 participants in the experimental group (Table 1).

**Table1.** Characteristics of patients included in the control and experimental groups and inter group comparisons assessed with independent Student t-test.

| Variables | Control group | PLD group | p-value |
|-----------|---------------|-----------|---------|
|-----------|---------------|-----------|---------|

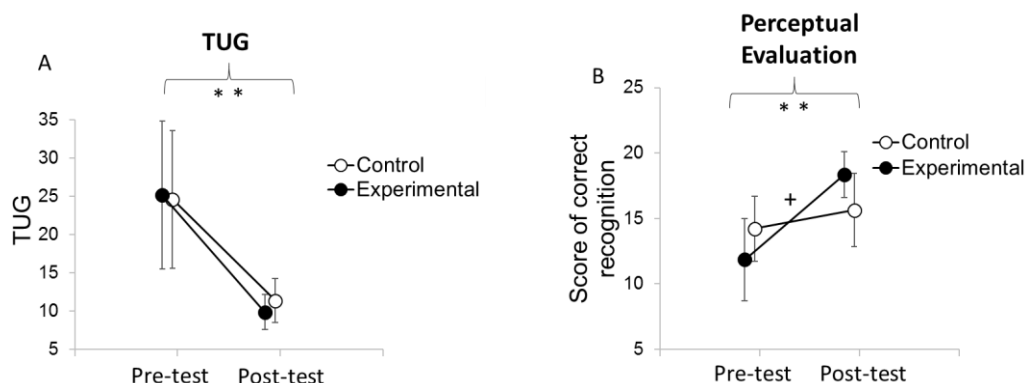
|                          |             |             |       |
|--------------------------|-------------|-------------|-------|
| Age (years)              | 60.4 ± 10.3 | 64.8 ± 6.4  | 0.192 |
| BMI (kg/m <sup>2</sup> ) | 30.7 ± 4.8  | 29.9 ± 4.8  | 0.691 |
| Score VAS                | 2.8 ± 2.2   | 3.9 ± 1.9   | 0.149 |
| MMSE                     | 27.6 ± 2.4  | 28.8 ± 1.3  | 0.127 |
| Beck depression score    | 1.07 ± 1.73 | 1.00 ± 2.45 | 0.930 |

### 3.2. Functional mobility

The difference between pre and posttest times in TUG were compared for the two groups with a Wilcoxon test. The results indicate an improvement between pre and posttest performances in TUG in the control (M= -11.5ms, SD=15.2ms, Kendall W=0.85; p<.001) and in the experimental group (M= -15.3 ms, SD= 14.2 ms, Kendall W=0.74; p<.001). Mann-Whitney comparison showed that this improvement was not different between groups (U14,14=124; p=0.25, see Table 2).

**Table 2.** Mann-Whitney comparisons between control and experimental groups for the performances on TUG. Pre-test" represents the performance at 0 week i.e., before the rehabilitation and "Post-test" represents the performance at 3 weeks i.e., at the end of the program of rehabilitation. "Difference" indicates the difference between the performances obtained in post-test and pre-test.

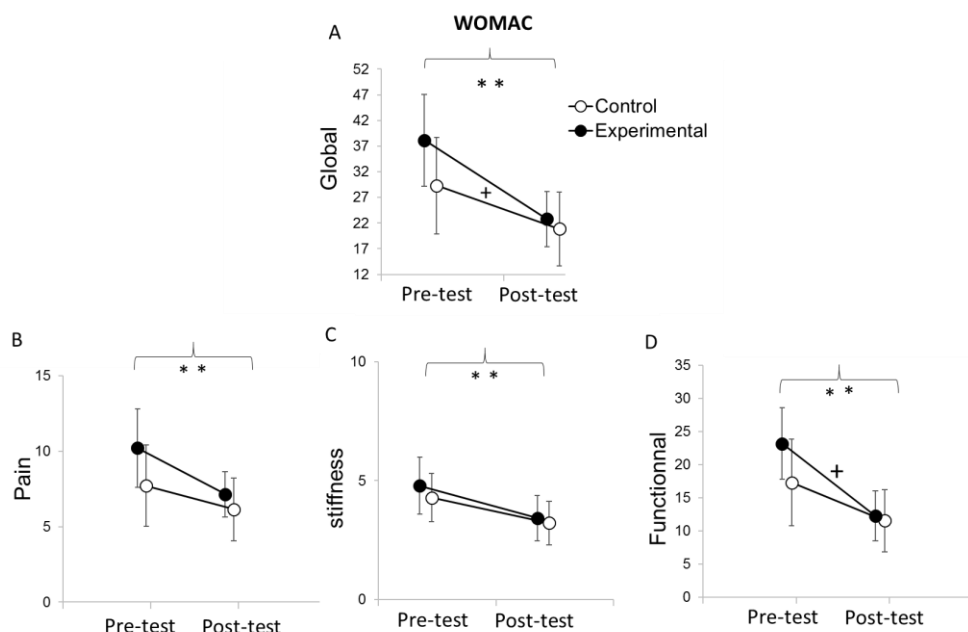
|                     | U      | p    |
|---------------------|--------|------|
| Temps TUG pre-test  | 93.000 | 0.94 |
| Temps TUG post-test | 123.50 | 0.25 |
| Difference time TUG | 124.00 | 0.24 |



**Figure 4.** Mean results of TUG and perceptual evaluations by group before and after the rehabilitation program. Error bars represent confidence interval at 95%. \*\*indicates an effect at the moment of the evaluation at p<.001. "+" indicates an interaction between the moment of the evaluation and the condition at p<.05. Pre-test indicates the level of performance at 0 weeks (before the rehabilitation program) and post-test indicate the level of performance at 3 weeks (at the end of the rehabilitation program).

### 3.3. Motor outcome

Statistical analysis showed no significant difference between groups ( $t_{26}=-1.48$ ;  $p=.14$ , see Table 2). Analysis of the global WOMAC score (see Figure 5A) showed no significant main effect of group ( $F(1,26)=1.21$ ;  $p=0.28$ ), while significant main effect of time ( $F(1,26)=55.04$ ;  $p<.001$ ;  $\eta^2P=0.68$ ) and interaction between the group and time ( $F(1,26)=4.67$ ;  $p<.05$ ;  $\eta^2P=0.15$ ) was observed. Post hoc analysis indicating that patients in both groups improved their scores ( $p<.01$  in both cases). Moreover, the experimental group showed greater improvement of the WOMAC global score compared to the control group (Figure 5 and Table 3).



**Figure 5.** Mean results of WOMAC scores by group and time. Error bars represent confidence interval at 95%. \*\* indicate an effect at the moment of the evaluation at  $p<.001$ . + indicates an interaction between the moment of the evaluation and the condition at  $p<.05$ . Pre-test indicates the level of performance at 0 weeks (before the rehabilitation program) and post-test indicate the level of performance at 3 weeks (at the end of the rehabilitation program).

Analysis of the WOMAC pain score (see Figure 5B) showed no main effect of group ( $F(1,26)=1.64$ ;  $p=0.21$ ), a main effect of time ( $F(1,26)=15.67$ ;  $p<.001$ ;  $\eta^2P=0.38$ ) and no significant interaction between group and time ( $F(1,26)=1.64$ ;  $p=0.21$ ). The time main effect indicates that both groups reduced their pain score from pre-test ( $M=8.96$ ;  $SD=4.68$ ) to post-test ( $M=6.64$ ;  $SD=3.12$ ).

Analysis of the WOMAC stiffness score of (see Figure 5C) showed no main effect of the group ( $F(1,26)=0.35$ ;  $p=0.56$ ), a main effect of time ( $F(1,26)=17.27$ ;  $p<.001$ ;  $\eta^2P=0.40$ ), and no interaction between group and time ( $F(1,26)=0.23$ ;  $p=0.63$ ). Patients in both groups reduced their stiffness score from pre-test ( $M=4.54$ ;  $SD=1.92$ ) in comparison with post-test ( $M=3.32$ ;  $SD=1.59$ ).

No significant difference was shown between groups for the functional WOMAC scores in pre-test ( $t_{26}=-1.49$ ;  $p=.15$ ) (Table 3). Analysis of the functional WOMAC score (see Figure 5D) showed no main effect of group ( $F(1,26)=1.04$ ;  $p=0.31$ ), a main effect of time ( $F(1,26)=54.13$ ;  $p<.001$ ;  $\eta^2P=0.68$ ), and a significant interaction between group and time ( $F(1,26)=5.12$ ;  $p<.05$ ;  $\eta^2P=0.16$ ). Post Hoc analysis showed that both groups improved their functional score from pre-test ( $M=20.21$ ;  $SD=10.6$ ) to h post-test ( $M=11.86$ ;  $SD=7.25$ ). Analysis showed that the experimental group had greater improvement of the functional WOMAC scores than the control group ( $t_{26}=-2.26$ ;  $p=.032$ ) (Table 3).

**Table 3.** Student test comparisons between control and experimental groups for the performances on WOMAC. Pre-test” represents the performance at 0 week i.e., before the rehabilitation and “Post-test” represents the performance at 3 weeks i.e., at the end of the program of rehabilitation. “Difference” indicates the difference between the performances obtained in post-test and pre-test.

|                                  | t      | df | p      |
|----------------------------------|--------|----|--------|
| <b>PRE test</b>                  |        |    |        |
| Score WOMAC global pre-test      | -1.478 | 26 | 0.151  |
| Score WOMAC pain pre-test        | -1.442 | 26 | 0.161  |
| Score WOMAC stiffness pre-test   | -0.684 | 26 | 0.500  |
| Score WOMAC functional pre-test  | -1.494 | 26 | 0.147  |
| <b>POST test</b>                 |        |    |        |
| Score WOMAC global post.-test    | -0.466 | 26 | 0.645  |
| Score WOMAC pain post-test       | -0.844 | 26 | 0.406  |
| Score WOMAC stiffness post-test  | -0.351 | 26 | 0.728  |
| Score WOMAC functional post-test | -0.256 | 26 | 0.800  |
| <b>Difference</b>                |        |    |        |
| Difference WOMAC global          | -2.161 | 26 | 0.040* |
| Difference WOMAC pain            | -1.279 | 26 | 0.212  |
| Difference WOMAC Stiffness       | -0.489 | 26 | 0.629  |
| Difference WOMAC Functionnal     | -2.264 | 26 | 0.032* |

### 3.4. Perceptual evaluation

The analysis of the scores of correct PLD recognition (Figure 4B) showed no main effect of group ( $F(1,26)=0.01$  ;  $p= 0.91$ ), a main effect of time ( $F(1,26)= 37.52$  ;  $p<.001$ ;  $\eta^2P=0.59$ ), and a significant interaction between group and time ( $F(1,26)=13.35$ ;  $p<.001$ ;  $\eta^2P=0.37$ ). Post hoc analysis indicated that only patients in the experimental group benefited ( $p<.001$ ) whereas patients in the control group did not ( $p=0.78$ ). Interestingly, the improvement of recognition was greater for experimental than control group ( $U_{14,14}=33.5$ ;  $p=.003$ , see Table 4).

**Table 4.** Student t test comparisons between control and experimental groups for their performances in the action recognition task. Pre-test” represents the performance at 0 week i.e., before the rehabilitation and “Post-test” represents the performance at 3 weeks i.e., at the end of the program of rehabilitation. “Difference” indicates the difference between the performances in the action recognition task obtained in post-test and pre-test. \* indicates significant differences between experimental and control groups. Student t test are made for recognition of PLD pre-test and post-test and Mann-Whitney was made for the difference because the data did not concur with the normality assumption.

### Independent Samples T-Test

|                           | Test         | Statistic | df | p      |
|---------------------------|--------------|-----------|----|--------|
| recognition PLD-pre-test  | Student      | 1.271     | 26 | 0.215  |
| recognition PLD-post-test | Student      | -1.777    | 26 | 0.087  |
| difference recognition    | Mann-Whitney | 33.500    |    | 0.003* |

## 4. Discussion

The objective of this study was to determine whether PLD observation added to conventional rehabilitation program could improve the recovery of patients with total knee arthroplasty. The results showed that the addition of the PLD observation had no effect on TUG performance, pain and stiffness of the WOMAC, whereas significant greater benefit was observed in the experimental group compared to the control group on functional scores, global WOMAC scores and action recognition.

As was reported by Park et al. [80], the benefit obtained for action observation was significant for WOMAC evaluation but not for TUG performance. However, our results differ on pain and stiffness outcomes, where we did not obtain an interaction between group and time of evaluation. For pain, this could be explained by our not using the same evaluation (VAS for Park and al., 2014 and WOMAC in the present study). For stiffness, the difference could be due to the patients who were included in the studies. Indeed, in the present study, the patients had a lower level of stiffness score before the rehabilitation program (mean = 4.5) than in the study by Park et al. [80] (mean = 7.1). Similarly, the absence of significant difference between experimental and control groups in the post-test (all  $p > .08$ ) could be due to the pre-test scores. For instance, the patients in the current study had an average score of 20.2, whereas the patients in the Park study had an average score of 73. Moreover, even if the PLD observation practice was similar to the Park study, the physical practice time was three-fold greater in our study (2\*90 minutes/day, 5 days a week vs 30 minutes/day, 3 days a week), which could have increased the benefits obtained by the control group. Nevertheless, in the present study, the statistical differences between evolution of the control and the experimental groups for the global WOMAC scores and the functional WOMAC scores confirm greater improvement in the experimental than in the control group. This suggests that PLD observation induces positive effects on functional recovery such as results with classical AOT [79,80], especially in patients having undergone total knee surgery. Moreover, our study showed that PLD observation improves the capacity to recognize PLD actions, suggesting that sensitivity to PLD can improve with training. Consequently, PLD observation can be considered as a valuable addition to classical AOT in functional recovery of patients suffering from locomotor disorders.

In accordance with the literature, we can hypothesize that the mechanism involved in PLD observation results from a “top-down effect” similar to classical AOT [79]. Previous studies have shown that PLD observation activates motor representations at the central level [101,e.g., 105–107] which could in turn lead to peripheral modification. Therefore, we can suggest that PLD observation was able to activate the motor system via the mirror neuron mechanism and consequently limit the alteration of movement and motor performance caused by nonuse limb while preserving the cortical organization of motor system [82]. One alternative or additional hypothesis could be that PLD observation could activate healthy and painless motor patterns of patients (i.e., previous to the surgery and the onset of pain) which could facilitate the motor recovery. These hypotheses should be tested in future neuroimaging studies.

The main limitation of our study is the absence of a visual control condition that would have had video observation on a tablet such as e landscapes [108] or video clips without motor content [79]. Moreover, if the WOMAC index is a reference evaluation for patients with knee arthroplasty, this subjective assessment needs to be combined with objective tools. Moreover, future studies should be made to more precisely determine how PLD observation of can improve the rehabilitation of patients with locomotor disorders. In addition, focusing specifically on the main joint involved in an action (e.g., legs for a jump)

and/or the sex of patients related to the sex of the AOT could help to provide a personalized AOT rehabilitation program.

## 5. Conclusion

In conclusion, the present study showed that when added to a conventional rehabilitation program, PLD observation can significantly improve the functional recovery of patients with locomotor disorders. These findings provide new perspectives to better define the effect of action observation in motor rehabilitation and to consider its use in daily practice activities.

### Author Contributions:

Conceptualization, Christel Bidet-Ildei, Anne Delaubier and Romain David; Formal analysis, Christel Bidet-Ildei and Quentin Deborde; Funding acquisition, Christel Bidet-Ildei and Yannick Blandin; Investigation, Quentin Deborde, Anne Delaubier, Anne Jossart and Romain David; Methodology, Christel Bidet-Ildei and Elise Gand; Project administration, Christel Bidet-Ildei, Anne Delaubier and Romain David; Supervision, Christel Bidet-Ildei, Philippe Rigoard and Romain David; Validation, Quentin Deborde and Elise Gand; Writing – original draft, Christel Bidet-Ildei and Quentin Deborde; Writing – review & editing, Christel Bidet-Ildei, Quentin Deborde, Victor Francisco, Elise Gand, Yannick Blandin, Philippe Rigoard, Maxime Billot and Romain David. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript

**Funding:** This research was funded by the Nouvelle Aquitaine Regional Council (P-2020-BAFE-161), in partnership with the European Union (FEDER/ ERDF).

**Institutional Review Board Statement:** The study was conducted according to the guidelines of the Declaration of Helsinki, and approved by the Ethics Committee CPP Ile de France II (N°2019-A00450-57, date of approval: May 2019).

**Informed Consent Statement:** Written informed consent was obtained from all subjects involved in the study.

**Acknowledgments:** We are grateful to Gilles Renault, Kévin Charuau and Amélie Lefranc for having carried out part of the data collection. We also wish to thank Jeffrey Arsham, an American medical translator, for having reviewed our original English-language text.

**Conflicts of Interest:** The authors declare no conflict of interest. The funders had no role in the design of the study; in the collection, analyses, or interpretation of data; in the writing of the manuscript, or in the decision to publish the results.

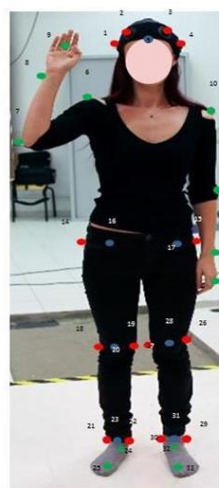
## Appendix A: PLD used in the experiment



| PLD                    | Type of movement | Used in the recognition task | Used in the observation task |
|------------------------|------------------|------------------------------|------------------------------|
| Acquiesce              | Upper-limb       | *                            |                              |
| Applaud                | Upper-limb       | *                            |                              |
| Catch                  | Upper-limb       | *                            |                              |
| Climb ladder           | Lower-limb       | *                            | *                            |
| Climb steps            | Lower-limb       | *                            | *                            |
| Crouch                 | Lower-limb       | *                            | *                            |
| Decline                | Upper-limb       | *                            |                              |
| French military salute | Upper-limb       | *                            |                              |
| Get off ladder         | Lower-limb       | *                            | *                            |
| Kick                   | Lower-limb       | *                            | *                            |
| Move back              | Lower-limb       | *                            | *                            |
| Pedal                  | Lower-limb       | *                            | *                            |
| Push somebody          | Upper-limb       | *                            |                              |
| Push up                | Upper-limb       | *                            |                              |
| Run                    | Lower-limb       | *                            | *                            |
| Salute                 | Upper-limb       | *                            |                              |
| Say Hello              | Upper-limb       | *                            |                              |
| Scratch                | Upper-limb       | *                            |                              |
| Sit down               | Lower-limb       | *                            | *                            |
| Stand up               | Lower-limb       | *                            | *                            |
| Sweep                  | Upper-limb       | *                            |                              |
| Throw                  | Upper-limb       | *                            |                              |
| Turn                   | Lower-limb       | *                            | *                            |
| Walk                   | Lower-limb       | *                            | *                            |

## Appendix B: Position of the markers for the motion capture of each action used

| N° | Types                                       | Labels     | Localisations                                                                                                                                                       |
|----|---------------------------------------------|------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | Real marker not kept in C3D file            | None       | Right back head                                                                                                                                                     |
| 2  | Real marker not kept in C3D file            | None       | Right front head                                                                                                                                                    |
| 3  | Real marker not kept in C3D file            | None       | Left front head                                                                                                                                                     |
| 4  | Real marker not kept in C3D file            | None       | Left back head                                                                                                                                                      |
| 5  | Virtual marker computed and add in C3D file | Head       | Computed as the middle of markers 1, 2, 3 & 4                                                                                                                       |
| 6  | Real marker still in C3D file               | R_Shoulder | Right acromion                                                                                                                                                      |
| 7  | Real marker still in C3D file               | R_Elbow    | Right lateral epicondyle                                                                                                                                            |
| 8  | Real marker still in C3D file               | R_Wrist    | Right radial styloid                                                                                                                                                |
| 9  | Real marker still in C3D file               | R_Finger   | Proximal phalanx of the right middle finger                                                                                                                         |
| 10 | Real marker still in C3D file               | L_Shoulder | Left acromion                                                                                                                                                       |
| 11 | Real marker still in C3D file               | L_Elbow    | Left lateral epicondyle                                                                                                                                             |
| 12 | Real marker still in C3D file               | L_Wrist    | Left radial styloid                                                                                                                                                 |
| 13 | Real marker still in C3D file               | L_Finger   | Proximal phalanx of the left middle finger                                                                                                                          |
| 14 | Real marker not kept in C3D file            | None       | Right greater trochanter                                                                                                                                            |
| 15 | Real marker not kept in C3D file            | None       | Left greater trochanter                                                                                                                                             |
| 16 | Virtual marker computed and add in C3D file | R_Hip      | Computed as described in Weinhandl JT, O'Connor KM. Assessment of a greater trochanter-based method of locating the hip joint center. J Biomech 2010; 43: 2633–2636 |
| 17 | Virtual marker computed and add in C3D file | L_Hip      |                                                                                                                                                                     |
| 18 | Real marker not kept in C3D file            | None       | Right lateral tibial condyle                                                                                                                                        |
| 19 | Real marker not kept in C3D file            | None       | Right medial tibial condyle                                                                                                                                         |
| 20 | Virtual marker computed and add in C3D file | R_Knee     | Computed as the middle of markers 18 & 19                                                                                                                           |
| 21 | Real marker not kept in C3D file            | None       | Right lateral malleolus                                                                                                                                             |
| 22 | Real marker not kept in C3D file            | None       | Right medial malleolus                                                                                                                                              |
| 23 | Virtual marker computed and add in C3D file | R_Ankle    | Computed as the middle of markers 21 & 22                                                                                                                           |
| 24 | Real marker still in C3D file               | R_Heel     | Right heel                                                                                                                                                          |
| 25 | Real marker still in C3D file               | R_Toe      | Right toe                                                                                                                                                           |
| 26 | Real marker not kept in C3D file            | None       | Left lateral tibial condyle                                                                                                                                         |
| 27 | Real marker not kept in C3D file            | None       | Left medial tibial condyle                                                                                                                                          |
| 28 | Virtual marker computed and add in C3D file | L_Knee     | Computed as the middle of markers 26 & 27                                                                                                                           |
| 29 | Real marker not kept in C3D file            | None       | Left lateral malleolus                                                                                                                                              |
| 30 | Real marker not kept in C3D file            | None       | Left medial malleolus                                                                                                                                               |
| 31 | Virtual marker computed and add in C3D file | L_Ankle    | Computed as the middle of markers 29 & 30                                                                                                                           |
| 32 | Real marker still in C3D file               | L_Heel     | Left heel                                                                                                                                                           |
| 33 | Real marker still in C3D file               | L_Toe      | Left toe                                                                                                                                                            |



## Appendix C: The Womac questionnaire

**WESTERN ONTARIO AND  
MCMASTER OSTEOARTHRITIS INDEX (WOMAC)**

Please circle the appropriate rating for each item.

| RATE YOUR PAIN WHEN...                         | NONE | SLIGHT | MODERATE | SEVERE | EXTREME |
|------------------------------------------------|------|--------|----------|--------|---------|
| Walking                                        | 0    | 1      | 2        | 3      | 4       |
| Climbing stairs                                | 0    | 1      | 2        | 3      | 4       |
| Sleeping at night                              | 0    | 1      | 2        | 3      | 4       |
| Resting                                        | 0    | 1      | 2        | 3      | 4       |
| Standing                                       | 0    | 1      | 2        | 3      | 4       |
| RATE YOUR STIFFNESS IN THE...                  | NONE | SLIGHT | MODERATE | SEVERE | EXTREME |
| Morning                                        | 0    | 1      | 2        | 3      | 4       |
| Evening                                        | 0    | 1      | 2        | 3      | 4       |
| RATE YOUR DIFFICULTY WHEN...                   | NONE | SLIGHT | MODERATE | SEVERE | EXTREME |
| Descending stairs                              | 0    | 1      | 2        | 3      | 4       |
| Ascending stairs                               | 0    | 1      | 2        | 3      | 4       |
| Rising from sitting                            | 0    | 1      | 2        | 3      | 4       |
| Standing                                       | 0    | 1      | 2        | 3      | 4       |
| Bending to floor                               | 0    | 1      | 2        | 3      | 4       |
| Walking on even floor                          | 0    | 1      | 2        | 3      | 4       |
| Getting in/out of car                          | 0    | 1      | 2        | 3      | 4       |
| Going shopping                                 | 0    | 1      | 2        | 3      | 4       |
| Putting on socks                               | 0    | 1      | 2        | 3      | 4       |
| Rising from bed                                | 0    | 1      | 2        | 3      | 4       |
| Taking off socks                               | 0    | 1      | 2        | 3      | 4       |
| Lying in bed                                   | 0    | 1      | 2        | 3      | 4       |
| Getting in/out of bath                         | 0    | 1      | 2        | 3      | 4       |
| Sitting                                        | 0    | 1      | 2        | 3      | 4       |
| Getting on/off toilet                          | 0    | 1      | 2        | 3      | 4       |
| Doing light domestic duties (cooking, dusting) | 0    | 1      | 2        | 3      | 4       |
| Doing heavy domestic duties (moving furniture) | 0    | 1      | 2        | 3      | 4       |

## References

1. Kurtz, S.M.; Ong, K.L.; Lau, E.; Widmer, M.; Maravic, M.; Gómez-Barrena, E.; de Pina, M. de F.; Manno, V.; Torre, M.; Walter, W.L.; et al. International Survey of Primary and Revision Total Knee Replacement. *Int Orthop* **2011**, *35*, 1783–1789, doi:10.1007/s00264-011-1235-5.
2. Delgado-González, A.; Morales-Viaji, J.J.; Arteaga-Hernández, J.G.; Larrosa-Arranz, Á.; Criado-Albillos, G.; Martin-Rodríguez, A. del P.; Jahouh, M.; González-Santos, J.; Mendieta Díaz, L.; Collazo Riobo, C.; et al. To Resurface or Not to Resurface the Patella in Total Knee Arthroplasty, That Is the Question: A Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Medicina* **2022**, *58*, 227, doi:10.3390/medicina58020227.
3. Billot, M.; Calvani, R.; Urtamo, A.; Sánchez-Sánchez, J.L.; Ciccolari-Micaldi, C.; Chang, M.; Roller-Wirnsberger, R.; Wirnsberger, G.; Sinclair, A.; Vaquero-Pinto, N.; et al. Preserving Mobility in Older Adults with Physical Frailty and Sarcopenia: Opportunities, Challenges, and Recommendations for Physical Activity Interventions. *Clin Interv Aging* **2020**, *15*, 1675–1690, doi:10.2147/CIA.S253535.
4. Middleton, A.; Fritz, S.L.; Lusardi, M. Walking Speed: The Functional Vital Sign. *J Aging Phys Act* **2015**, *23*, 314–322, doi:10.1123/japa.2013-0236.
5. Dapretto, M.; Davies, M.S.; Pfeifer, J.H.; Scott, A.A.; Sigman, M.; Bookheimer, S.Y.; Iacoboni, M. Understanding Emotions in Others: Mirror Neuron Dysfunction in Children with Autism Spectrum Disorders. *Nat Neurosci* **2006**, *9*, 28–30, doi:10.1038/nn1611.
6. Grézès, J.; Decety, J. Functional Anatomy of Execution, Mental Simulation, Observation, and Verb Generation of Actions: A Meta-Analysis. *Human Brain Mapping* **2001**, *12*, 1–19.
7. Bang, D.-H.; Shin, W.-S.; Kim, S.-Y.; Choi, J.-D. The Effects of Action Observational Training on Walking Ability in Chronic Stroke Patients: A Double-Blind Randomized Controlled Trial. *Clin Rehabil* **2013**, *27*, 1118–1125, doi:10.1177/0269215513501528.
8. Ertelt, D.; Small, S.; Solodkin, A.; Dettmers, C.; McNamara, A.; Binkofski, F.; Buccino, G. Action Observation Has a Positive Impact on Rehabilitation of Motor Deficits after Stroke. *Neuroimage* **2007**, *36 Suppl 2*, T164-73.

9. Buccino, G.; Arisi, D.; Gough, P.; Aprile, D.; Ferri, C.; Serotti, L.; Tiberti, A.; Fazzi, E. Improving Upper Limb Motor Functions through Action Observation Treatment: A Pilot Study in Children with Cerebral Palsy. *Developmental medicine and child neurology* **2012**, *54*, 822–828, doi:10.1111/j.1469-8749.2012.04334.x.
10. Buccino, G.; Molinaro, A.; Ambrosi, C.; Arisi, D.; Mascaro, L.; Pinardi, C.; Rossi, A.; Gasparotti, R.; Fazzi, E.; Galli, J. Action Observation Treatment Improves Upper Limb Motor Functions in Children with Cerebral Palsy: A Combined Clinical and Brain Imaging Study. *Neural Plasticity* **2018**, *2018*, 1–11, doi:10.1155/2018/4843985.
11. Buccino, G.; Gatti, R.; Giusti, M.C.; Negrotti, A.; Rossi, A.; Calzetti, S.; Cappa, S.F. Action Observation Treatment Improves Autonomy in Daily Activities in Parkinson's Disease Patients: Results from a Pilot Study. *Movement disorders : official journal of the Movement Disorder Society* **2011**, *26*, 1963–1964, doi:10.1002/mds.23745.
12. Ryan, D.; Fullen, B.; Rio, E.; Segurado, R.; Stokes, D.; O'Sullivan, C. Effect of Action Observation Therapy in the Rehabilitation of Neurologic and Musculoskeletal Conditions: A Systematic Review. *Arch Rehabil Res Clin Transl* **2021**, *3*, 100106, doi:10.1016/j.arrct.2021.100106.
13. Bellelli, G.; Buccino, G.; Bernardini, B.; Padovani, A.; Trabucchi, M. Action Observation Treatment Improves Recovery of Postsurgical Orthopedic Patients: Evidence for a Top-down Effect? *Archives of physical medicine and rehabilitation* **2010**, *91*, 1489–1494, doi:10.1016/j.apmr.2010.07.013.
14. Park, S.D.; Song, H.S.; Kim, J.Y. The Effect of Action Observation Training on Knee Joint Function and Gait Ability in Total Knee Replacement Patients. *J Exerc Rehabil* **2014**, *10*, 168–171, doi:10.12965/jer.140112.
15. Villafañe, J.H.; Isgrò, M.; Borsatti, M.; Berjano, P.; Pirali, C.; Negrini, S. Effects of Action Observation Treatment in Recovery after Total Knee Replacement: A Prospective Clinical Trial. *Clin Rehabil* **2017**, *31*, 361–368, doi:10.1177/0269215516642605.
16. De Marco, D.; Scalona, E.; Bazzini, M.C.; Nuara, A.; Taglione, E.; Lopomo, N.F.; Rizzolatti, G.; Fabbri-Destro, M.; Avanzini, P. Observation of Others' Actions during Limb Immobilization Prevents the Subsequent Decay of Motor Performance. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **2021**, *118*, e2025979118, doi:10.1073/pnas.2025979118.
17. Johansson, G. Visual Perception of Biological Motion and a Model for Its Analysis. *Perception & Psychophysics* **1973**, *14*, 201–211.
18. Beauprez, S.A.; Bidet-Ildei, C. The Kinematics, Not the Orientation, of an Action Influences Language Processing. *J Exp Psychol Hum Percept Perform* **2018**, doi:10.1037/xhp0000568.
19. Johansson, G. Visual Motion Perception. *Science America* **1975**, *232*, 76–88.
20. Martel, L.; Bidet-Ildei, C.; Coello, Y. Anticipating the Terminal Position of an Observed Action: Effect of Kinematic, Structural, and Identity Information. *Visual Cognition* **2011**, *19*, 785–798, doi:http://dx.doi.org/10.1080/13506285.2011.587847.
21. Pavlova, M.; Sokolov, A.N.; Bidet-Ildei, C. Sex Differences in the Neuromagnetic Cortical Response to Biological Motion. *Cereb. Cortex* **2015**, *25*, 3468–3474, doi:10.1093/cercor/bhu175.
22. Pollick, F.E.; Lestou, V.; Ryu, J.; Cho, S.B. Estimating the Efficiency of Recognizing Gender and Affect from Biological Motion. *Vision Res* **2002**, *42*, 2345–2355.
23. Vanrie, J.; Verfaillie, K. Perception of Biological Motion: A Stimulus Set of Human Point-Light Actions. *Behav Res Methods Instrum Comput* **2004**, *36*, 625–629.
24. Blake, R.; Shiffrar, M. Perception of Human Motion. *Annual review of psychology* **2007**, *58*, 47–73.
25. Giese, M.A.; Poggio, T. Neural Mechanisms for the Recognition of Biological Movements. *Nature Review Neuroscience* **2003**, *4*, 179–192.
26. Kandel, S.; Orliaguet, J.P.; Viviani, P. Perceptual Anticipation in Handwriting: The Role of Implicit Motor Competence. *Perception & Psychophysics* **2000**, *62*, 706–716.
27. Farsi, A.; Bahmanbegloo, Z.H.; Abdoli, B.; Ghorbani, S. The Effect of Observational Practice by a Point-Light Model on Learning a Novel Motor Skill. *Percept Mot Skills* **2016**, *123*, 477–488, doi:10.1177/0031512516662896.
28. Francisco, V.; Decatoire, A.; Bidet-Ildei, C. Action Observation and Motor Learning: The Role of Action Observation in Learning Judo Techniques. *Eur J Sport Sci* **2022**, 1–23, doi:10.1080/17461391.2022.2036816.
29. Hayes, S.J.; Hodges, N.J.; Scott, M.A.; Horn, R.R.; Williams, A.M. The Efficacy of Demonstrations in Teaching Children an Unfamiliar Movement Skill: The Effects of Object-Orientated Actions and Point-Light Demonstrations. *J Sports Sci* **2007**, *25*, 559–575.
30. Horn, R.R.; Williams, A.M.; Scott, M.A. Learning from Demonstrations: The Role of Visual Search during Observational Learning from Video and Point-Light Models. *J Sports Sci* **2002**, *20*, 253–269.
31. Saber Sotoodeh, M.; Taheri-Torbati, H. A Point-Light Display Model for Teaching Motor Skills to Children With Autism Spectrum Disorder: An Eye-Tracking Study. *Percept Mot Skills* **2021**, *128*, 1485–1503, doi:10.1177/00315125211016814.
32. Folstein, M.F.; Folstein, S.E.; McHugh, P.R. "Mini-Mental State". A Practical Method for Grading the Cognitive State of Patients for the Clinician. *J Psychiatr Res* **1975**, *12*, 189–198.
33. Beck, A.T.; Ward, C.H.; Mendelson, M.; Mock, J.; Erbaugh, J. An Inventory for Measuring Depression. *Arch. Gen. Psychiatry* **1961**, *4*, 561–571.
34. Pilz, K.S.; Bennett, P.J.; Sekuler, A.B. Effects of Aging on Biological Motion Discrimination. *Vision Research* **2010**, *50*, 211–219, doi:10.1016/j.visres.2009.11.014.

35. Saygin, A.P.; Wilson, S.M.; Hagler, D.J., Jr.; Bates, E.; Sereno, M.I. Point-Light Biological Motion Perception Activates Human Premotor Cortex. *Journal of Neuroscience* **2004**, *24*, 6181–6188.
36. Ulloa, E.R.; Pineda, J.A. Recognition of Point-Light Biological Motion: Mu Rhythms and Mirror Neuron Activity. *Behavioral Brain Research* **2007**, *183*, 188–194.
37. Decatoire, A.; Beauprez, S.A.; Pylouster, J.; Lacouture, P.; Blandin, Y.; Bidet-Ildei, C. PLAViMoP: How to Standardize and Simplify the Use of Point-Light Displays. *Behav Res Methods* **2018**, doi:10.3758/s13428-018-1112-x.
38. Podsiadlo, D.; Richardson, S. The Timed “Up & Go”: A Test of Basic Functional Mobility for Frail Elderly Persons. *J Am Geriatr Soc* **1991**, *39*, 142–148.
39. Bellamy, N.; Buchanan, W.W.; Goldsmith, C.H.; Campbell, J.; Stitt, L.W. Validation Study of WOMAC: A Health Status Instrument for Measuring Clinically Important Patient Relevant Outcomes to Antirheumatic Drug Therapy in Patients with Osteoarthritis of the Hip or Knee. *J. Rheumatol.* **1988**, *15*, 1833–1840.
40. Bidet-Ildei, C.; Chauvin, A.; Coello, Y. Observing or Producing a Motor Action Improves Later Perception of Biological Motion: Evidence for a Gender Effect. *Acta Psychologica (Amst)* **2010**, *134*, 215–224, doi:10.1016/j.actpsy.2010.02.002.
41. Casile, A.; Giese, M.A. Nonvisual Motor Training Influences Biological Motion Perception. *Current Biology* **2006**, *16*, 69–74.
42. Chary, C.; Meary, D.; Orliaguet, J.P.; David, D.; Moreaud, O.; Kandel, S. Influence of Motor Disorders on the Visual Perception of Human Movements in a Case of Peripheral Dysgraphia. *Neurocase* **2004**, *10*, 223–232.
43. Agosta, F.; Gatti, R.; Sarasso, E.; Volonté, M.A.; Canu, E.; Meani, A.; Sarro, L.; Copetti, M.; Cattysse, E.; Kerckhofs, E.; et al. Brain Plasticity in Parkinson’s Disease with Freezing of Gait Induced by Action Observation Training. *J Neurol* **2017**, *264*, 88–101, doi:10.1007/s00415-016-8309-7.

# Bibliographie

- [1] Kolasinski SL, Neogi T, Hochberg MC, Oatis C, Guyatt G, Block J, et al. 2019 American College of Rheumatology/Arthritis Foundation Guideline for the Management of Osteoarthritis of the Hand, Hip, and Knee. *Arthritis Care Res (Hoboken)* 2020;72:149–62. <https://doi.org/10.1002/acr.24131>.
- [2] Lequesne MG, Mery C, Samson M, Gerard P. Indexes of severity for osteoarthritis of the hip and knee. Validation--value in comparison with other assessment tests. *Scand J Rheumatol Suppl* 1987;65:85–9. <https://doi.org/10.3109/03009748709102182>.
- [3] Michael JW-P, Schlüter-Brust KU, Eysel P. The epidemiology, etiology, diagnosis, and treatment of osteoarthritis of the knee. *Dtsch Arztebl Int* 2010;107:152–62. <https://doi.org/10.3238/arztebl.2010.0152>.
- [4] Bellamy N, Buchanan WW, Goldsmith CH, Campbell J, Stitt LW. Validation study of WOMAC: a health status instrument for measuring clinically important patient relevant outcomes to antirheumatic drug therapy in patients with osteoarthritis of the hip or knee. *J Rheumatol* 1988;15:1833–40.
- [5] Roos EM, Roos HP, Lohmander LS, Ekdahl C, Beynnon BD. Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS)—Development of a Self-Administered Outcome Measure. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy* 1998;28:88–96. <https://doi.org/10.2519/jospt.1998.28.2.88>.
- [6] Debette C, Parratte S, Maucourt-Boulch D, Blanc G, Pauly V, Lustig S, et al. Adaptation française du nouveau score de la Knee Society dans l'arthroplastie de genou. *Revue de Chirurgie Orthopédique et Traumatologique* 2014;100:387–91. <https://doi.org/10.1016/j.rcot.2014.07.001>.
- [7] Eléments concourant à la décision d'arthroplastie du genou et du choix de la prothèse n.d.:38.
- [8] Canovas F, Dagneaux L. Quality of life after total knee arthroplasty. *Orthop Traumatol Surg Res* 2018;104:S41–6. <https://doi.org/10.1016/j.otsr.2017.04.017>.
- [9] Kurtz SM, Ong KL, Lau E, Widmer M, Maravic M, Gómez-Barrena E, et al. International survey of primary and revision total knee replacement. *Int Orthop* 2011;35:1783–9. <https://doi.org/10.1007/s00264-011-1235-5>.
- [10] Erivan R, Tardieu A, Villatte G, Ollivier M, Jacquet C, Descamps S, et al. Knee surgery trends and projections in France from 2008 to 2070. *Orthop Traumatol Surg Res* 2020;106:893–902. <https://doi.org/10.1016/j.otsr.2020.02.018>.
- [11] ROUZAUD J-C. Mobilisation passive continue : l'historique et ses applications d'aujourd'hui. *Annales de Kinésithérapie* 2000;p.66-72.
- [12] Coutts RD, Kaita J, Barr R, Mason R, Dube R, Amiel D, Woo SLY, Nickel V. The role of continuous passive motion in postoperative rehabilitation of the total knee patient. *Orthopaedic transactions*.1982.6: 277. - Google Search n.d.
- [13] Basso DM, Knapp L. Comparison of two continuous passive motion protocols for patients with total knee implants. *Phys Ther* 1987;67:360–3. <https://doi.org/10.1093/ptj/67.3.360>.
- [14] Wirries N, Ezechieli M, Stimpel K, Skutek M. Impact of continuous passive motion on rehabilitation following total knee arthroplasty. *Physiother Res Int* 2020;25:e1869. <https://doi.org/10.1002/pri.1869>.
- [15] Harvey LA, Brosseau L, Herbert RD. Continuous passive motion following total knee arthroplasty in people with arthritis. *Cochrane Database Syst Rev* 2014;CD004260. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD004260.pub3>.
- [16] Yang X, Li G-H, Wang H-J, Wang C-Y. Continuous Passive Motion After Total Knee Arthroplasty: A Systematic Review and Meta-analysis of Associated Effects on Clinical Outcomes. *Arch Phys Med Rehabil* 2019;100:1763–78. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2019.02.001>.
- [17] di Pellegrino G, Fadiga L, Fogassi L, Gallese V, Rizzolatti G. Understanding motor events: a neurophysiological study. *Exp Brain Res* 1992;91:176–80. <https://doi.org/10.1007/BF00230027>.

- [18] Rizzolatti G, Craighero L. The mirror-neuron system. *Annu Rev Neurosci* 2004;27:169–92. <https://doi.org/10.1146/annurev.neuro.27.070203.144230>.
- [19] Gallese V, Fadiga L, Fogassi L, Rizzolatti G. Action recognition in the premotor cortex. *Brain* 1996;119 ( Pt 2):593–609. <https://doi.org/10.1093/brain/119.2.593>.
- [20] Molenberghs P, Cunnington R, Mattingley JB. Brain regions with mirror properties: a meta-analysis of 125 human fMRI studies. *Neurosci Biobehav Rev* 2012;36:341–9. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2011.07.004>.
- [21] Iacoboni M, Dapretto M. The mirror neuron system and the consequences of its dysfunction. *Nat Rev Neurosci* 2006;7:942–51. <https://doi.org/10.1038/nrn2024>.
- [22] Iacoboni M, Mazziotta JC. Mirror neuron system: basic findings and clinical applications. *Ann Neurol* 2007;62:213–8. <https://doi.org/10.1002/ana.21198>.
- [23] Iacoboni M, Koski LM, Brass M, Bekkering H, Woods RP, Dubeau MC, et al. Reafferent copies of imitated actions in the right superior temporal cortex. *Proc Natl Acad Sci U S A* 2001;98:13995–9. <https://doi.org/10.1073/pnas.241474598>.
- [24] Buccino G, Solodkin A, Small SL. Functions of the mirror neuron system: implications for neurorehabilitation. *Cogn Behav Neurol* 2006;19:55–63. <https://doi.org/10.1097/00146965-200603000-00007>.
- [25] Fadiga L, Fogassi L, Pavesi G, Rizzolatti G. Motor facilitation during action observation: a magnetic stimulation study. *J Neurophysiol* 1995;73:2608–11. <https://doi.org/10.1152/jn.1995.73.6.2608>.
- [26] Grèzes J, Decety J. Functional anatomy of execution, mental simulation, observation, and verb generation of actions: a meta-analysis. *Hum Brain Mapp* 2001;12:1–19. [https://doi.org/10.1002/1097-0193\(200101\)12:1<1::aid-hbm10>3.0.co;2-v](https://doi.org/10.1002/1097-0193(200101)12:1<1::aid-hbm10>3.0.co;2-v).
- [27] Buccino G, Binkofski F, Riggio L. The mirror neuron system and action recognition. *Brain Lang* 2004;89:370–6. [https://doi.org/10.1016/S0093-934X\(03\)00356-0](https://doi.org/10.1016/S0093-934X(03)00356-0).
- [28] Jeannerod M, Arbib MA, Rizzolatti G, Sakata H. Grasping objects: the cortical mechanisms of visuomotor transformation. *Trends Neurosci* 1995;18:314–20.
- [29] Gangitano M, Mottaghy FM, Pascual-Leone A. Phase-specific modulation of cortical motor output during movement observation. *Neuroreport* 2001;12:1489–92. <https://doi.org/10.1097/00001756-200105250-00038>.
- [30] Cochin S, Barthelemy C, Lejeune B, Roux S, Martineau J. Perception of motion and qEEG activity in human adults. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1998;107:287–95. [https://doi.org/10.1016/s0013-4694\(98\)00071-6](https://doi.org/10.1016/s0013-4694(98)00071-6).
- [31] Cochin S, Barthelemy C, Roux S, Martineau J. Observation and execution of movement: similarities demonstrated by quantified electroencephalography. *Eur J Neurosci* 1999;11:1839–42. <https://doi.org/10.1046/j.1460-9568.1999.00598.x>.
- [32] Hari R, Forss N, Avikainen S, Kirveskari E, Salenius S, Rizzolatti G. Activation of human primary motor cortex during action observation: a neuromagnetic study. *Proc Natl Acad Sci U S A* 1998;95:15061–5. <https://doi.org/10.1073/pnas.95.25.15061>.
- [33] Pavlidou A, Schnitzler A, Lange J. Interactions between visual and motor areas during the recognition of plausible actions as revealed by magnetoencephalography. *Hum Brain Mapp* 2014;35:581–92. <https://doi.org/10.1002/hbm.22207>.
- [34] Pavlova M, Bidet-Ildei C, Sokolov AN, Braun C, Krägeloh-Mann I. Neuromagnetic response to body motion and brain connectivity. *J Cogn Neurosci* 2009;21:837–46. <https://doi.org/10.1162/jocn.2009.21050>.
- [35] Pavlova M, Birbaumer N, Sokolov A. Attentional modulation of cortical neuromagnetic gamma response to biological movement. *Cereb Cortex* 2006;16:321–7. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhi108>.
- [36] Ertelt D, Small S, Solodkin A, Dettmers C, McNamara A, Binkofski F, et al. Action observation has a positive impact on rehabilitation of motor deficits after stroke. *Neuroimage* 2007;36 Suppl 2:T164–173. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2007.03.043>.

- [37] Bang D-H, Shin W-S, Kim S-Y, Choi J-D. The effects of action observational training on walking ability in chronic stroke patients: a double-blind randomized controlled trial. *Clin Rehabil* 2013;27:1118–25. <https://doi.org/10.1177/0269215513501528>.
- [38] Ryan D, Fullen B, Rio E, Segurado R, Stokes D, O'Sullivan C. Effect of Action Observation Therapy in the Rehabilitation of Neurologic and Musculoskeletal Conditions: A Systematic Review. *Archives of Rehabilitation Research and Clinical Translation* 2021;3:100106. <https://doi.org/10.1016/j.arrct.2021.100106>.
- [39] Buccino G, Molinaro A, Ambrosi C, Arisi D, Mascaro L, Pinardi C, et al. Action Observation Treatment Improves Upper Limb Motor Functions in Children with Cerebral Palsy: A Combined Clinical and Brain Imaging Study. *Neural Plasticity* 2018;2018:e4843985. <https://doi.org/10.1155/2018/4843985>.
- [40] Buccino G, Arisi D, Gough P, Aprile D, Ferri C, Serotti L, et al. Improving upper limb motor functions through action observation treatment: a pilot study in children with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 2012;54:822–8. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8749.2012.04334.x>.
- [41] Jeong Y-A, Lee B-H. Effect of Action Observation Training on Spasticity, Gross Motor Function, and Balance in Children with Diplegia Cerebral Palsy. *Children (Basel)* 2020;7:E64. <https://doi.org/10.3390/children7060064>.
- [42] Rocca MA, Meani A, Fumagalli S, Pagani E, Gatti R, Martinelli-Boneschi F, et al. Functional and structural plasticity following action observation training in multiple sclerosis. *Mult Scler* 2019;25:1472–87. <https://doi.org/10.1177/1352458518792771>.
- [43] Eggermont LHP, Swaab DF, Hol EM, Scherder EJA. Observation of hand movements by older persons with dementia: effects on cognition: a pilot study. *Dement Geriatr Cogn Disord* 2009;27:366–74. <https://doi.org/10.1159/000209311>.
- [44] Park SD, Song HS, Kim JY. The effect of action observation training on knee joint function and gait ability in total knee replacement patients. *J Exerc Rehabil* 2014;10:168–71. <https://doi.org/10.12965/jer.140112>.
- [45] Bellelli G, Buccino G, Bernardini B, Padovani A, Trabucchi M. Action observation treatment improves recovery of postsurgical orthopedic patients: evidence for a top-down effect? *Arch Phys Med Rehabil* 2010;91:1489–94. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2010.07.013>.
- [46] Villafañe JH, Isgrò M, Borsatti M, Berjano P, Pirali C, Negrini S. Effects of action observation treatment in recovery after total knee replacement: a prospective clinical trial. *Clin Rehabil* 2017;31:361–8. <https://doi.org/10.1177/0269215516642605>.
- [47] Johansson G. Visual perception of biological motion and a model for its analysis. *Perception & Psychophysics* 1973;14:201–11. <https://doi.org/10.3758/BF03212378>.
- [48] Bidet-Ildei C, Chauvin A, Coello Y. Observing or producing a motor action improves later perception of biological motion: evidence for a gender effect. *Acta Psychol (Amst)* 2010;134:215–24. <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2010.02.002>.
- [49] Brownlow S, Dixon AR, Egbert CA, Radcliffe RD. Perception of movement and dancer characteristics from point-light displays of dance. *The Psychological Record* 1997;47:411–21.
- [50] Dittrich WH, Troscianko T, Lea SE, Morgan D. Perception of emotion from dynamic point-light displays represented in dance. *Perception* 1996;25:727–38. <https://doi.org/10.1068/p250727>.
- [51] Pollick FE, Paterson HM, Bruderlin A, Sanford AJ. Perceiving affect from arm movement. *Cognition* 2001;82:B51–61. [https://doi.org/10.1016/s0010-0277\(01\)00147-0](https://doi.org/10.1016/s0010-0277(01)00147-0).
- [52] Emotion perception from dynamic and static body expressions in point-light and full-light displays - PubMed n.d. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15330366/> (accessed September 1, 2022).
- [53] Cd B, Je C, Lt K. Temporal and spatial factors in gait perception that influence gender recognition. *Perception & Psychophysics* 1978;23. <https://doi.org/10.3758/bf03208295>.
- [54] Categorizing sex and identity from the biological motion of faces - PubMed n.d. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11516651/> (accessed September 1, 2022).

- [55] Gender discrimination in biological motion displays based on dynamic cues | Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences n.d.  
<https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rspb.1994.0173> (accessed September 1, 2022).
- [56] Bidet-Ildei C, Coello Y, Orliaguet J-P. Rôle des représentations motrices dans la perception visuelle des mouvements humains. *L'Année Psychologique* 2011;111:409–45.  
<https://doi.org/10.4074/S0003503311002065>.
- [57] Decatoire A, Beauprez S-A, Pylouster J, Lacouture P, Blandin Y, Bidet-Ildei C. PLAViMoP: How to standardize and simplify the use of point-light displays. *Behav Res Methods* 2019;51:2573–96.  
<https://doi.org/10.3758/s13428-018-1112-x>.
- [58] Folstein MF, Folstein SE, McHugh PR. “Mini-mental state”. A practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *J Psychiatr Res* 1975;12:189–98.  
[https://doi.org/10.1016/0022-3956\(75\)90026-6](https://doi.org/10.1016/0022-3956(75)90026-6).
- [59] Beck AT, Ward CH, Mendelson M, Mock J, Erbaugh J. An inventory for measuring depression. *Arch Gen Psychiatry* 1961;4:561–71. <https://doi.org/10.1001/archpsyc.1961.01710120031004>.
- [60] Pilz KS, Bennett PJ, Sekuler AB. Effects of aging on biological motion discrimination. *Vision Res* 2010;50:211–9. <https://doi.org/10.1016/j.visres.2009.11.014>.
- [61] Saygin AP, Wilson SM, Hagler DJ Jr, Bates E, Sereno MI. Point-light biological motion perception activates human premotor cortex. *Journal of Neuroscience* 2004;24:6181–8.
- [62] Podsiadlo D, Richardson S. The timed “Up & Go”: a test of basic functional mobility for frail elderly persons. *J Am Geriatr Soc* 1991;39:142–8. <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.1991.tb01616.x>.
- [63] Ulloa E, Pineda J. Recognition of point-light biological motion: Mu rhythms and mirror neuron activity. *Behavioural Brain Research* 2007;183:188–94.  
<https://doi.org/10.1016/j.bbr.2007.06.007>.
- [64] Chary C, Méary D, Orliaguet J-P, David D, Moreaud O, Kandel S. Influence of motor disorders on the visual perception of human movements in a case of peripheral dysgraphia. *Neurocase* 2004;10:223–32. <https://doi.org/10.1080/13554790490495113>.
- [65] De Marco D, Scalona E, Bazzini MC, Nuara A, Taglione E, Lopomo NF, et al. Observation of others’ actions during limb immobilization prevents the subsequent decay of motor performance. *Proc Natl Acad Sci U S A* 2021;118:e2025979118.  
<https://doi.org/10.1073/pnas.2025979118>.
- [66] Brenton J, Müller S, Harbaugh AG. Visual-perceptual training with motor practice of the observed movement pattern improves anticipation in emerging expert cricket batsmen. *J Sports Sci* 2019;37:2114–21. <https://doi.org/10.1080/02640414.2019.1621510>.



# Résumé

## **Introduction :**

La présente étude visait à évaluer le bénéfice potentiel de l'observation de point-light display intégré dans un programme de rééducation conventionnel de 3 semaines, au décours d'une arthroplastie totale de genou de 3. L'objectif étant d'améliorer la capacité fonctionnelle des patients.

## **Méthode :**

Les patients du groupe témoin ont suivi un programme de rééducation conventionnel avec 2 séances de 90 minutes de kinésithérapie par jour, 5 jours par semaine.

Tandis que les patients du groupe expérimental ont suivi un programme de rééducation conventionnel combiné à l'observation de point-light display 2 fois par jour (5 minutes) et 3 jours par semaine.

## **Résultats :**

Alors que les patients des deux groupes avaient amélioré leurs performances à la fin du programme, l'amélioration avant et après le test était supérieure pour le groupe expérimental par rapport au groupe témoin en ce qui concerne le score total WOMAC ( $p=.04$ ), le score fonctionnel WOMAC ( $p=.03$ ), et la reconnaissance correcte des affichages lumineux ( $p=.003$ ).

## **Conclusion :**

Ces résultats apportent de nouveaux éléments en faveur de l'observation de point-light display pour améliorer la récupération fonctionnelle des patients ayant subi une arthroplastie totale de genou.

Des études complémentaires de puissance supérieure devront venir corroborer nos conclusions.



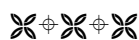


## Serment



En présence des Maîtres de cette école, de mes chers condisciples et devant l'effigie d'Hippocrate, je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité dans l'exercice de la médecine. Je donnerai mes soins gratuits à l'indigent et n'exigerai jamais un salaire au-dessus de mon travail. Admis dans l'intérieur des maisons mes yeux ne verront pas ce qui s'y passe ; ma langue taira les secrets qui me seront confiés, et mon état ne servira pas à corrompre les mœurs ni à favoriser le crime. Respectueux et reconnaissant envers mes Maîtres, je rendrai à leurs enfants l'instruction que j'ai reçue de leurs pères.

Que les hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses ! Que je sois couvert d'opprobre et méprisé de mes confrères si j'y manque !





# Résumé

## **Introduction :**

La présente étude visait à évaluer le bénéfice potentiel de l'observation de point-light display intégré dans un programme de rééducation conventionnel de 3 semaines, au décours d'une arthroplastie totale de genou de 3. L'objectif étant d'améliorer la capacité fonctionnelle des patients.

## **Méthode :**

Les patients du groupe témoin ont suivi un programme de rééducation conventionnel avec 2 séances de 90 minutes de kinésithérapie par jour, 5 jours par semaine.

Tandis que les patients du groupe expérimental ont suivi un programme de rééducation conventionnel combiné à l'observation de point-light display 2 fois par jour (5 minutes) et 3 jours par semaine.

## **Résultats :**

Alors que les patients des deux groupes avaient amélioré leurs performances à la fin du programme, l'amélioration avant et après le test était supérieure pour le groupe expérimental par rapport au groupe témoin en ce qui concerne le score total WOMAC ( $p=.04$ ), le score fonctionnel WOMAC ( $p=.03$ ), et la reconnaissance correcte des affichages lumineux ( $p=.003$ ).

## **Conclusion :**

Ces résultats apportent de nouveaux éléments en faveur de l'observation de point-light display pour améliorer la récupération fonctionnelle des patients ayant subi une arthroplastie totale de genou.

Des études complémentaires de puissance supérieure devront venir corroborer nos conclusions.