



HAL
open science

L'intérêt de l'utilisation d'équipements virtuels dans la récupération fonctionnelle de la main chez les brûlés pédiatriques : une méta-analyse

Solène Icho

► To cite this version:

Solène Icho. L'intérêt de l'utilisation d'équipements virtuels dans la récupération fonctionnelle de la main chez les brûlés pédiatriques : une méta-analyse. Sciences du Vivant [q-bio]. 2024. dumas-04760515

HAL Id: dumas-04760515

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04760515v1>

Submitted on 20 Nov 2024

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

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

**AIX-MARSEILLE UNIVERSITÉ
ÉCOLE DES SCIENCES DE LA RÉADAPTATION
FORMATION EN MASSO-KINÉSITHÉRAPIE**

**INTERÊT DE L'UTILISATION
D'ÉQUIPEMENTS VIRTUELS DANS LA
RÉCUPÉRATION FONCTIONNELLE DE LA
MAIN CHEZ LES BRÛLÉS PÉDIATRIQUES :
UNE MÉTA-ANALYSE**

**ICHO Solène
Directrice de mémoire: Mme VULLO Marion**

REMERCIEMENTS

Lors de la rédaction de ce mémoire, de nombreuses personnes m'ont soutenu. J'aimerais montrer ma reconnaissance en remerciant toutes ces personnes.

Tout d'abord, je souhaite remercier ma directrice de mémoire, Madame Vullo pour son accompagnement tout au long de l'année, mais surtout dans mes moments de doutes, de stress et de remise en question. Merci de m'avoir soutenu et d'avoir toujours été rassurante lorsque j'en avais besoin. Même si mon sujet n'avait pas de lien avec votre domaine de prédilection, vous avez toujours cru en moi et j'estime avoir eu beaucoup de chance que vous ayez accepté de suivre mon projet.

Je souhaite également remercier l'équipe enseignante et plus particulièrement Madame Henry qui m'a aidé à traversé des épreuves difficiles au cours de mes études. Je suis reconnaissante de tout le travail fourni par l'établissement qui me permet aujourd'hui de prétendre au titre de masso-kinésithérapeute.

J'aimerais remercier particulièrement les tuteurs de stages que j'ai pu rencontrer lors de ces 4 ans d'études qui ont véritablement été des exemples auxquels j'aspire à ressembler lorsque je serai diplômée.

Ensuite, j'aimerais remercier ma famille qui m'a accompagné tout au long de ma vie et qui m'a encouragé jusqu'au bout. Je remercie plus particulièrement mon frère et mes sœurs, qui n'ont jamais hésité à veiller jusqu'à tard dans la nuit pour m'aider dans la relecture de ce mémoire.

Je souhaite dire merci à mes amis du Tutorat Associatif Marseillais avec lesquels j'ai partagé une année de mandat incroyable dont je me souviendrais encore longtemps. Merci pour tous ces moments géniaux et pour les liens que nous avons créés.

Bien évidemment, je voudrais remercier les amis que je me suis faits au sein de l'école. Que ce soient ceux dans mon groupe de TP ou en dehors, je vous remercie pour tous ces moments de bonheur tout au long de notre parcours. J'ai rencontré des personnes incroyables, qui, j'espère, feront partie de ma vie pour de nombreuses années encore.

J'aimerais remercier, pour finir, mes amis du lycée, qui, malgré des chemins différents, font encore partie de ma vie. Je suis reconnaissante de tout le soutien qu'ils m'ont apporté et je suis heureuse d'avoir vu nos liens se renforcer avec le temps.

Enfin, je n'ai pas pu citer toutes les personnes que j'aurais espérées, mais je souhaite, tout de même, finir avec un dernier remerciement pour toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin dans la rédaction de ce mémoire.

Liste des abréviations :

AMSTAR-2 : A MeaSurement Tool to Assess systematic Review-2

AR : Réalité Augmentée

AVQ : Activité de la Vie Quotidienne

BSA : Body Surface Area

COPM : La mesure canadienne du rendement professionnel

D1→ D5 : Doigt 1 (pouce) → Doigt 5 (auriculaire)

DDL : Degré De Liberté

DHI : L'indice de la main de Duruoz

ECR : Essai Contrôlé Randomisé

GRADE : Grading of Recommendations Assessment, Development and Evaluation

IP : Interphalangienne

IPD : Interphalangienne Distale

IPP : Interphalangienne Proximale

JHFT : Test Fonctionnel de la main de Jebsen-Taylor

M1→ M5 : 1^{er} métacarpien → 5^{ème} métacarpien

MCID : Minimal Clinically Important Difference

MP : Métacarpo-phalangienne

PMSI-MCO : Programme de Médicalisation des Système d'Information en Médecine, Chirurgie, Obstétrique

RoB : Risk of Bias Tool 2.0

ROM : Amplitude de mouvement

TOT : Task orientation – Formation orientée par la tâche

TR : Rééducation Traditionnelle

WHO : World Health Organization

Table des matières

1	Introduction.....	1
1.1	Mise en contexte	1
1.2	Rappels anatomiques et physiologie de la main.....	2
1.2.1	La région de la main.....	2
1.2.2	Ostéogenèse et cartilage de croissance	2
1.2.2.1	Les centres d'ossification secondaires.....	2
1.2.2.2	Le cartilage de croissance	3
1.2.3	Ostéologie de la main	3
1.2.3.1	Le carpe	3
1.2.3.2	Le métacarpe	4
1.2.3.3	Les phalanges	4
1.2.3.4	Les os sésamoïdes de la main :	4
1.2.4	Arthrologie de la main	4
1.2.4.1	Articulation du poignet	4
1.2.4.2	Articulation du carpe :	5
1.2.4.3	Articulation carpo-métacarpienne.....	6
1.2.4.4	Articulation métacarpo-phalangienne.....	7
1.2.4.5	Articulation interphalangienne.....	7
1.2.5	Myologie de la main	7
1.2.6	Le système vasculaire de la main	8
1.2.6.1	Le système artériel.....	8
1.2.6.2	Le système veineux.....	9
1.2.7	Le système nerveux de la main	9
1.2.7.1	Le nerf ulnaire	9
1.2.7.2	Le nerf médian	11
1.2.7.3	Le nerf radial	11
1.2.8	L'anatomie fonctionnelle de la main	12
1.2.8.1	Le poignet	12
1.2.8.2	L'articulation carpo-métacarpienne	12
1.2.8.3	L'articulation métacarpo-phalangienne	13
1.2.8.4	L'articulation interphalangienne.....	14
1.2.9	Le système tégumentaire	15

1.2.9.1	Généralités sur le système tégumentaire.....	15
1.2.9.2	La peau.....	15
1.3	Les brûlures de la peau	18
1.3.1	Généralités sur les brûlures.....	18
1.3.1.1	Quelques chiffres	18
1.3.1.2	Classification et facteurs associés.....	19
1.4	Un point sur la cicatrisation	19
1.4.1	La cicatrisation physiologique	19
1.4.2	Infection et cicatrisation pathologique	21
1.4.2.1	Septicémie	21
1.4.2.2	Inflammation chronique à la suite d'une brûlure.....	22
1.4.3	Les brûlures de la main : spécificité chez l'enfant.....	22
1.5	La rééducation	23
1.5.1	Brûlure : Le protocole de rééducation[12–16].....	23
1.5.2	Le monde virtuel au sein de la rééducation	23
1.5.2.1	Qu'est-ce que la réalité virtuelle ?	23
1.5.2.2	Qu'est-ce que la réalité augmentée ?.....	24
1.5.2.3	L'intérêt de la réalité virtuelle en kinésithérapie	24
1.5.2.4	L'intérêt de la réalité augmentée dans la rééducation.....	24
1.5.2.5	La réalité virtuelle et la réalité augmentée.....	25
1.6	Objectif de notre revue de littérature :	26
2	Méthode.....	27
2.1	Critères d'éligibilité des études pour cette revue.....	27
2.1.1	Type d'étude réalisé :	27
2.1.2	Population étudiée :	27
2.1.3	Intervention :	27
2.1.4	Comparateur :	28
2.1.5	Critère de jugement :	28
2.2	Méthodologie de recherche des études.....	28
2.2.1	Les différentes sources documentaires exploitées :	28
2.2.2	Équation de recherche utilisée.....	29
2.3	Méthode d'extraction et d'analyse des données	30
2.3.1	Méthode de sélection des études	30
2.3.2	Évaluation de la qualité méthodologique des études sélectionnées.....	31

2.3.3	Extraction des données	32
2.4	Méthode de synthèse des résultats.....	32
3	Résultats.....	33
3.1	Description des études	33
3.1.1	Diagramme de flux	33
3.1.2	Études exclues	34
3.1.3	Études incluses.....	34
3.1.3.1	Population :.....	36
3.1.3.2	Randomisation et conception d'essais :	37
3.1.3.3	Intervention :	38
3.1.3.4	Comparateur :.....	39
3.1.3.5	Critères de jugement :	40
3.1.3.6	Conflits d'intérêt et financement :.....	41
3.2	Risques de biais des études incluses.....	42
3.2.1	Grille d'analyse des biais : l'échelle de PEDro [21].....	42
3.2.2	Synthèse des biais retrouvés sur l'échelle PEDro.....	44
3.2.3	Grille d'analyse des biais : Risk of Bias Tool 2.0.....	45
3.2.4	Synthèse des biais retrouvés sur l'échelle RoB	46
3.3	Analyse qualitative : effet de l'intervention	47
3.3.1	Critère de jugement.....	48
3.3.1.1	Étude de [Kamel et al] :.....	48
3.3.1.2	Étude de [Sahman et al] :.....	49
3.3.1.3	Étude de [Khamees et al] :.....	50
3.4	Analyse quantitative : La méta-analyse	52
3.4.1	Le Forest Plot[30].....	53
3.5	Synthèse des résultats :	55
4	Discussion	56
4.1	Analyses des principaux résultats	56
4.1.1	Hétérogénéités des études :.....	56
4.1.2	Limites des études :	57
4.2	Critère de jugement : le test fonctionnel de la main de Jepsen-Taylor.....	59
4.3	Analyse du niveau de preuve des résultats : Le système GRADE	60
4.4	Analyse de l'applicabilité des résultats.....	62
4.4.1	Coût financier :	62

4.4.1.1	Pour les thérapeutes :.....	62
4.4.1.2	Pour les patients	63
4.4.2	Contraintes temporelles et matérielles possibles :	63
4.4.2.1	Pour les thérapeutes :.....	63
4.4.2.2	Pour les patients :	63
4.4.3	Effets secondaires indésirables dans les essais :	63
4.5	Limites et biais de cette revue de littérature.....	64
4.5.1	Les limites de la revue :	64
4.5.2	Biais potentiels	65
4.6	Conflit d'intérêt.....	67
6	Conclusion	68
6.1	Implication pour la pratique clinique.....	68
6.2	Implication pour la recherche.....	68
7	Bibliographie.....	70
8	Annexes	72

Table des figures

Figure 1 Radiographie des centres d'ossifications secondaires et cartilage de croissance	2
Figure 2 Ostéologie générale de la main ³	3
Figure 3 Coupe axiale de l'arthrologie du poignet	4
Figure 4 Les ligaments de la face antérieure du poignet	5
Figure 5 Figure 4 Les ligaments de la face postérieure du poignet.....	6
Figure 6 Les muscles intrinsèques de la main	7
Figure 7 Le système artériel de la main.....	8
Figure 8 Le système veineux de la main ¹⁷	9
Figure 9 Le système nerveux de la main	9
Figure 10 L'innervation sensitive de la main (face postérieure)	10
Figure 11 L'innervation sensitive de la main (face antérieure).....	10
Figure 12 Illustration générale de la peau.....	15
Figure 13 Les différents éléments de l'épiderme.....	16
Figure 14 Les différentes couches de l'épiderme et du derme.....	17
Figure 15 Les différents éléments du derme	17
Figure 16 Diagramme de répartition des patients hospitalisés pour une brûlure entre 2009 et 2014 ²⁹	18
Figure 17 Les phases de la cicatrisation physiologique	20
Figure 18 Diagramme de flux	33
Figure 19 Résumé des risques de biais sur « Risk of Bias Tool 2.0 »	45
Figure 20 Graphique des risques de biais sur « Risk of Bias Tool 2.0 »	45
Figure 21 Forest plot sur les études de [Kamel et al] et de [Sahman et al]	53

Table des tableaux

Tableau I Les ramifications du nerf ulnaire	10
Tableau II Les ramifications du nerf médian	11
Tableau III Les ramifications du nerf radial	11
Tableau IV Les amplitudes articulaires du poignet	12
Tableau V Les amplitudes articulaires de la carpo-métacarpienne du pouce	13
Tableau VI Les amplitudes articulaires de la métacarpo-phalangienne des doigts longs.....	13
Tableau VII Les amplitudes articulaires de la métacarpo-phalangienne du pouce.....	13
Tableau VIII Les amplitudes articulaires des interphalangiennes des doigts longs	14
Tableau IX Les amplitudes articulaires de l'interphalangienne du pouce.....	14
Tableau X Résumé de la réalisation de la question de recherche.....	29
Tableau XI Traduction des termes de la question de recherche en termes de l'équation de recherche	29
Tableau XII Les études exclues de notre revue après lecture de l'abstract	34
Tableau XIII Tableau récapitulatif des caractéristiques de études incluses dans notre revue	36
Tableau XIV Tableau récapitulatif des items de l'échelle PEDro	42
Tableau XV Synthèses des biais retrouvés sur l'échelle PEDro	44
Tableau XVI Résultats de l'étude de [Kamel et al]	48
Tableau XVII Résultats de l'étude de [Sahman et al] en post-intervention	49
Tableau XVIII Résultats de l'étude de [Sahman et al] au suivi à 3 mois	49
Tableau XIX Résultats de l'étude de [Khamees et al] en post intervention	51
Tableau XX Résultats de l'étude de [Khamees et al] au suivi 1 mois après la sortie.....	51
Tableau XXI Récapitulatif des résultats du logiciel GRADE pro	61
Tableau XXII Evaluation du niveau de preuve de l'étude de [Khamees et al].....	62
Tableau XXIII Tableau récapitulatif des réponses à la grille AMSTAR-2.....	66

1 Introduction

1.1 Mise en contexte

Ce sujet de mémoire n'a pas été trouvé par dépit mais par choix. Ce choix résulte de mes 4ans d'étude au sein de l'école. Un sujet aussi précis implique que j'apporte les arguments qui m'ont amené à choisir cette thématique.

Depuis toujours, je savais que je souhaitais travailler auprès des enfants. Ainsi, quand je suis arrivée en première année dans l'école de masso-kinésithérapie, j'avais pour objectif de me spécialiser en kinésithérapie pédiatrique à la fin de mon parcours. Il a donc été évident que mon sujet de mémoire, ou du moins, une partie de mon sujet de mémoire, porterait sur les enfants.

Lors de ma 2^{ème} année, j'ai commencé un apprentissage au sein de l'APHM (Assistance Publique-Hôpitaux de Marseille) et plus précisément dans l'hôpital de la Timone (adulte). Lors de cette première année d'apprentissage, j'ai été affecté dans le service « chirurgie de la main et réparatrice des membres ». Je me suis découverte dans ce service une véritable passion pour la rééducation de la main.

Ce service, mais surtout la tutrice qui m'a accompagnée, m'ont permis de me professionnaliser et de me développer personnellement. J'ai pris confiance en moi et en mes connaissances. J'ai acquis de nombreuses compétences dans ce milieu. Ayant aimé ce premier aperçu, j'ai l'intention de poursuivre ma formation dans ce domaine et d'approfondir mes connaissances.

Je suis reconnaissante de la chance que j'ai eue de tomber sur une personne qui a pu m'aider à m'épanouir intellectuellement. Grâce à l'assistance de ma tutrice j'ai pu acquérir de l'autonomie dans une spécialité qui m'était alors inconnue.

Je sais que la future kinésithérapeute que je deviendrais a été en grande partie influencée par cette période de mon apprentissage.

Ainsi, au début de ma quatrième année, j'avais toujours pour objectif de réaliser un mémoire en rapport avec la pédiatrie, mais je souhaitais inclure au sein de mon sujet la rééducation de la main. Lors de mes recherches, la rééducation des brûlures de la main chez l'enfant m'a tout particulièrement intéressée.

Enfin, lors d'un stage que j'ai réalisé dans un cabinet libéral, j'ai pu utiliser une machine de réalité virtuelle pour certaines séances de rééducation et j'ai trouvé cela vraiment ludique. En effectuant des investigations sur le sujet, je me suis rendu compte que peu d'articles existaient et c'est ainsi que j'ai trouvé ce sujet de mémoire qui me passionne et m'intrigue.

1.2 Rappels anatomiques et physiologie de la main

1.2.1 La région de la main

La main constitue l'extrémité distale du membre supérieur relié au reste du membre par le poignet. Le poignet se délimite par les régions carpiennes antérieures et carpiennes postérieures alors que la main se délimite par la paume et le dos de la main. [1]

1.2.2 Ostéogénèse et cartilage de croissance¹

1.2.2.1 Les centres d'ossification secondaires

À la naissance, l'ossification de la main du nouveau-né est incomplète. La diaphyse des métacarpes et des phalanges est ossifiée tandis que les épiphyses sont cartilagineuses. [1,2]

Au niveau de la partie distale des métacarpiens des doigts, de la partie proximale du métacarpien du pouce et des phalanges apparaissent les **centres d'ossification secondaires** comme présenté sur la radiographie (Figure 1).



Figure 1 Radiographie des centres d'ossifications secondaires et cartilage de croissance²

Ces centres d'ossification apparaissent chronologiquement tels que :

- **Entre 10 et 23 mois** chez la fille pour celui situé à la partie proximale des phalanges
- **Entre 15 et 32 mois** chez le garçon pour celui situé à la partie proximale des phalanges

Les centres d'ossification secondaires fusionnent avec la diaphyse au bout de 14 ans chez la fille et de 16 ans chez le garçon.

Au sein du carpe, les centres d'ossification secondaires sont uniques pour chaque os et les deux premiers à apparaître sont celui du capitatum puis celui de l'hamatum qui sont présents tout deux avant l'âge de 6 mois. Le centre d'ossification du triquétrum surgit lors de la deuxième année de vie suivi par le lunatum qui apparaît lors des 4 ans de l'enfant. Enfin, le scaphoïde apparaît lors de la cinquième année de vie de l'enfant.

¹ [Généralités sur les traumatismes de la main de l'enfant \(sfc.m.fr\)](http://sfc.m.fr) (consulté en novembre 2023)

² [traumatismes ostéoarticulaires de la main de l'enfant \(carpe exclu\): Bone and joint injuries of the hand in children | Medicine Key \(clemedicine.com\)](http://clemedicine.com) (consulté en novembre 2023)

1.2.2.2 Le cartilage de croissance

Le cartilage de croissance se présente sous une forme différente en fonction de sa position. En effet, il aura un aspect sphérique au niveau des épiphyses et aura pour action de permettre la croissance en volume de l'os. Il aura un aspect discoïde lorsqu'il sera placé entre l'épiphyse et la métaphyse et aura pour fonction de permettre la croissance axiale de l'os. Le périoste contribue à la croissance en épaisseur de l'os (il s'amincit avec l'âge).

Le cartilage de croissance sera présent :

- À la base du premier métacarpien
- Sur le col des métacarpiens des doigts longs
- À la base des phalanges

1.2.3 Ostéologie de la main

La main peut être divisée en trois sections distinctes nommées : le carpe, le métacarpe et les phalanges. [2]³



Figure 2 Ostéologie générale de la main³

1.2.3.1 Le carpe⁴

Il constitue le squelette du poignet et se compose de huit os joints. Les os du carpe sont assemblés en deux rangées : [2]

- **La rangée proximale** se compose de quatre os :
Le scaphoïde, le lunatum, le triquétrum et le pisiforme [2]
- **La rangée distale** se compose de quatre os :
Le trapèze, le trapézoïde, le capitatum et l'hamatum [2]

Entre ces deux rangées, on retrouve une interligne sinueuse, concave vers le bas pour les 2/3 médiaux et convexe en bas dans son 1/3 latéral. [2]

³ <https://www.la-main.ch/2020/11/anatomie-main-poignet/> (consulté en novembre 2023)

⁴ <https://eric-roulot.com/main-poignet/anatomie-main-poignet/> (consulté en novembre 2023)

1.2.3.2 Le métacarpe ⁵

Le **métacarpe** est localisé entre le carpe et les premières phalanges. Il est formé de cinq os appelés les métacarpiens numérotés par ordre croissant (de M1 à M5) débutant au pouce et se terminant vers l'auriculaire.[2] Les métacarpiens sont des os longs divisés en trois zones : la base (extrémité proximale), le corps et la tête (extrémité distale). [2]

1.2.3.3 Les phalanges ⁶

Le squelette des doigts est formé par les **phalanges**. Chaque doigt possède trois phalanges à l'exception du pouce qui n'en possède que deux. Tout comme les métacarpiens, les phalanges sont des os longs divisés en trois parties distinctes : la base, le corps et la tête. [2]

1.2.3.4 Les os sésamoïdes de la main :

Ce sont les **osselets inconstants** les plus répandus. Ils sont placés au niveau de la face palmaire et plus précisément au niveau des articulations digitales. Nous en retrouvons à proximité du pouce, de l'index et de l'auriculaire.[2]

1.2.4 Arthrologie de la main

1.2.4.1 Articulation du poignet ⁷

Coupe coronale : vue dorsale

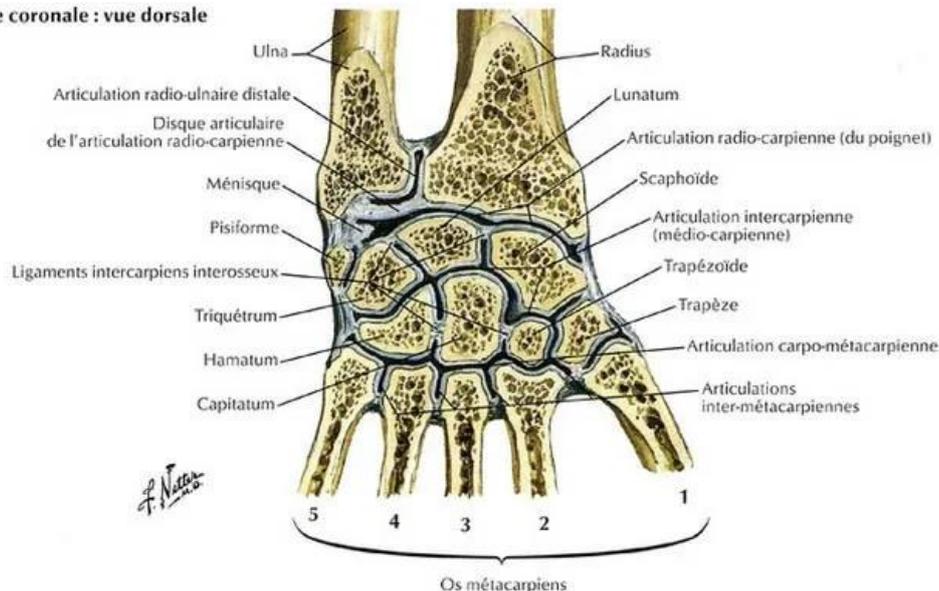


Figure 3 Coupe axiale de l'arthrologie du poignet⁸

Le poignet joint l'avant-bras à la main et présente deux articulations : l'articulation radio-carpienne et l'articulation radio-ulnaire inférieure. [3,4]

⁵ <https://www.larousse.fr/encyclopedie/images/M%C3%A9tacarpis/1002152> (consulté en novembre 2023)

⁶ <https://eric-roulot.com/doigts-de-la-main-pouce/anatomie-doigt-pouce/>(consulté en novembre 2023)

⁷ <https://clemedicine.com/12-le-poignet-et-la-main/>(consulté en novembre 2023)

L'articulation radio-carpienne se compose du radius (glène radiale), du disque articulaire et du condyle carpien. C'est une articulation synoviale de type ellipsoïdale recouverte de cartilage hyalin au niveau des surfaces articulaires. [4]

Concernant les moyens d'unions de l'articulation, nous retrouvons la capsule et le liquide synoviale. Elles [capsule et liquide synoviale] s'insèrent en périphérie du condyle carpien et sur les bords inférieurs du radius et de la capsule.[4]

L'articulation radio-ulnaire inférieure est anatomiquement reliée au coude et se compose du radius (incisure ulnaire), de l'ulna et du disque articulaire. [4]

Concernant les moyens d'union de cette articulation, nous observons la capsule s'insérant sur la périphérie du cartilage et du disque articulaire. Il y a présence de liquide synoviale. [4]

Les ligaments en présence au niveau du poignet sont : [3,4]

- Le ligament collatéral radial du carpe
- Le ligament collatéral ulnaire du carpe
- Le ligament radio-carpien antérieur
- Le ligament radio-carpien postérieur
- Le ligament ulno-carpien antérieur

9

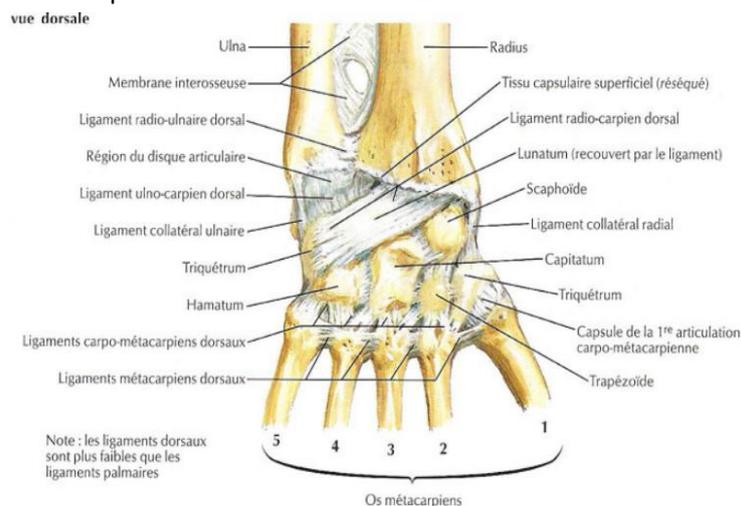


Figure 4 Les ligaments de la face antérieure du poignet¹⁰

1.2.4.2 Articulation du carpe :

Le carpe est un ensemble de 8 os articulés les uns par rapport aux autres et réparties en deux rangées. Entre ces deux rangées, nous pouvons remarquer l'interligne médio-carpien. [3,4]

Au niveau du carpe, il existe différents **moyens d'unions** comme la capsule et les ligaments. La capsule s'insère en périphérie des os présents au sein du carpe et contient le liquide synovial. [4]

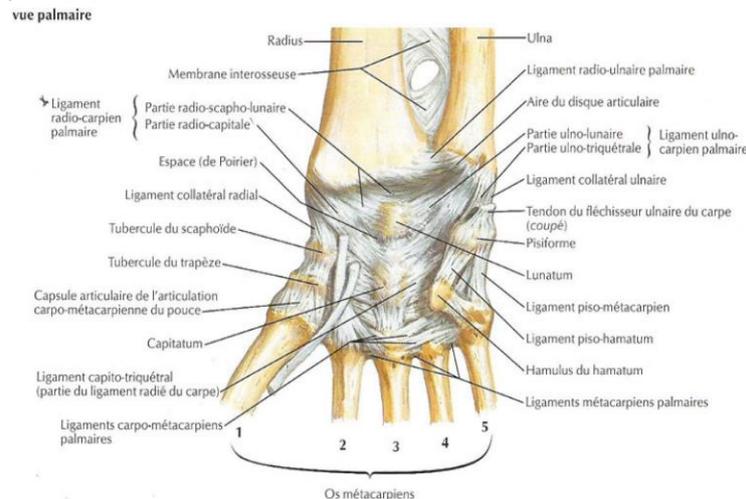
⁹ <https://www.fisiokinesiterapia.biz/NewDownload/poignet> (consulté en novembre 2023)

¹⁰ [12: Le poignet et la main | Medicine Key \(clemedicine.com\)](https://www.clemedicine.com/12-Le-poignet-et-la-main) (consulté en novembre 2023)

Les ligaments localisés au sein du carpe sont [3,4] :

- Ligament radial du carpe
- Ligament scapho-lunatum interosseux
- Ligament radio-scapho-lunatum
- Ligament médio-carpien postérieur

D'autres ligaments agissent à distance sur le carpe, nous parlons ici du **rétinaculum des muscles des fléchisseurs**. Ce rétinaculum des fléchisseurs se définit comme un épaissement du fascia situé au niveau du canal carpien.[4] ¹¹



1.2.4.3 Articulation carpo-métacarpienne

L'articulation carpo-métacarpienne est une jonction irrégulière par emboîtement réciproque entre la seconde rangée du carpe et les bases des métarpes. [4] Nous pouvons remarquer deux capsules détournant le cartilage : Une capsule latérale pour la trapézo-métacarpienne (pouce) et une capsule médiale allant de M2 à M5.[4]

La capsule située au niveau de la trapézo-métacarpienne est fortifiée par la présence de divers ligaments[4] :

- Ligament oblique postéro-médial
- Ligament oblique antérieur
- Tendon du long abducteur du pouce

La capsule allant de M2 à M5 se consolide par l'intermédiaire du [4]:

- Tendon du fléchisseur radial du carpe
- Tendon du long extenseur radial du carpe
- Tendon du court extenseur radial du carpe
- Ligament pisi-uncus, pisi-M4 et pisi-M5
- Tendon de l'extenseur ulnaire du carpe

¹¹ <https://www.fisiokinesiterapia.biz/NewDownload/poignet> (consulté en novembre 2023)

¹² [Microsoft PowerPoint - SEMIOLOGIE DU POIGNET \[Réparé\] \(weebly.com\)](#) (consulté en novembre 2023)

1.2.4.4 Articulation métacarpo-phalangienne

Cette articulation met en lien le métacarpe, la première phalange et le fibrocartilage. Au niveau de chaque doigt, il existe une capsule contenant le liquide synovial et des ligaments collatéraux renforçant le moyen d'union. [4]

1.2.4.5 Articulation interphalangienne¹³

Que ce soit au niveau de l'articulation interphalangienne proximale ou distale (IPP ou IPD), la structure et l'organisation est similaire.[4] À noter que le pouce ne possède qu'une seule articulation interphalangienne. Cette articulation relie les 2^{ème} et 3^{ème} phalanges des doigts longs (1^{ère} et 2^{ème} phalanges pour le pouce). La capsule, tapissée de synovie, s'insère à la périphérie du cartilage et des ligaments collatéraux sont présent afin de renforcer le maintien de la capsule. [4]

1.2.5 Myologie de la main

Les muscles intrinsèques de la main peuvent être divisés en trois groupes distincts [5]:

- Les muscles de l'éminence thénar
- Les muscles de l'éminence hypothénar
- Le groupe intermédiaire annexé à tous les doigts

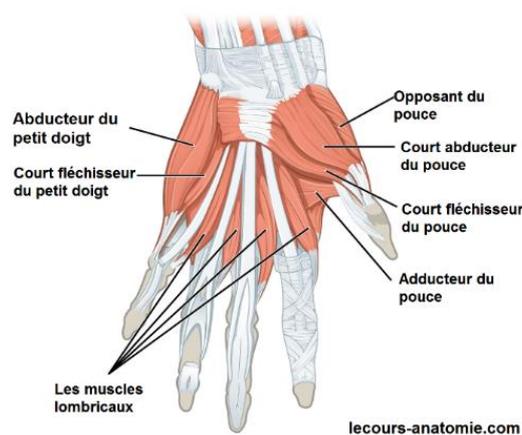


Figure 6 Les muscles intrinsèques de la main¹⁴

Les muscles de l'**éminence thénar** sont au nombre de 4 et comprennent le [5]:

- Muscle court abducteur du pouce permettant l'abduction et la rotation médiale du pouce
- Muscle opposant du pouce permettant la flexion et la rotation médiale du pouce (réalisation de l'opposition)
- Muscle court fléchisseur du pouce permettant la flexion de la première phalange sur le métacarpe
- Muscle adducteur du pouce permettant l'adduction du 1^{er} métacarpien

¹³<https://www.physiostudent.fr/cours/themes/myologie-du-membre-superieur-5/muscle-adducteur-du-pouce-113> (consulté en novembre 2023)

¹⁴ [Muscle court fléchisseur du petit doigt - PhysioStudent](#) (consulté en novembre 2023)

Les muscles de l'**éminence hypothénar** sont également au nombre de 4 et comprennent le [5]:

- Muscle court palmaire permettant de tendre la peau de l'éminence hypothénar
- Muscle abducteur du petit doigt permettant l'abduction de l'auriculaire
- Muscle court fléchisseur du petit doigt permettant la flexion du petit doigt
- Muscle opposant du petit doigt permettant la flexion de l'auriculaire

Les **muscles intermédiaires** de la main se divisent en trois groupes[5] :

- Les lombricaux
- Les interosseux palmaires
- Les interosseux dorsaux

Leurs actions sont complémentaires [5]:

- **Dans le plan sagittal**, ils permettent une flexion de la première phalange combinée à une extension des deux autres phalanges [5]
- **Dans le plan frontal**, les interosseux palmaires sont adducteurs des doigts tandis que les interosseux dorsaux sont abducteurs des doigts [5]

1.2.6 Le système vasculaire de la main

1.2.6.1 Le système artériel

Les arcades palmaires et dorsales du carpe sont à l'origine des artères constituant le réseau artériel de la main [6]¹⁵ :

- L'arcade palmaire superficielle va donner les artères digitales palmaires communes qui vont à leur tour donner chacune deux artères digitales propres. [6,7]
- L'arcade palmaire profonde va donner des branches perforantes et des artères métacarpiennes palmaires s'anastomosant avec une artère digitale commune chacun. [6,7]
- L'arcade palmaire dorsale va donner les artères métacarpiennes dorsales. [6,7]

Chaque doigt comporte [6,7]:

- 2 artères digitales dorsales
- 2 artères digitales palmaires propres

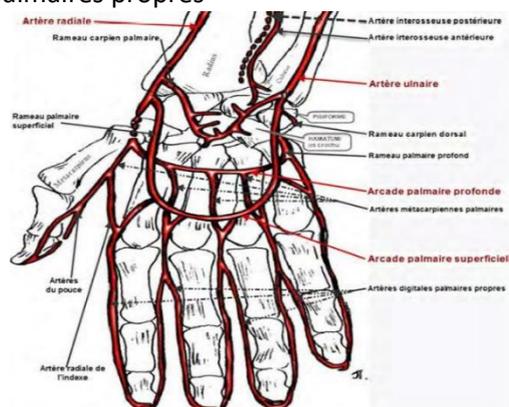
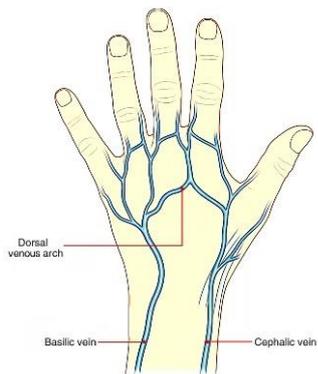


Figure 7 Le système artériel de la main¹⁶

¹⁵ https://facmed-univ-oran.dz/ressources/fichiers_produits/fichier_produit_2107.pdf (consulté en novembre 2023)

¹⁶ [12.alice.turcot.key\(irsst.qc.ca\)](https://12.alice.turcot.key(irsst.qc.ca)) (consulté en novembre 2023)

1.2.6.2 Le système veineux¹⁷



Les veines digitales palmaires et dorsales sont des veines superficielles situées au niveau de la main rejoignant les veines :

- **Céphalique** (naissant à la face dorsale du pouce, suivant l'axe de la tabatière anatomique et se terminant dans la veine axillaire)
- **Brachiale** (naissant à la face dorsale de l'auriculaire et se terminant dans la veine brachiale médiale). [6,7]

Figure 8 Le système veineux de la main¹⁷

1.2.7 Le système nerveux de la main¹⁸

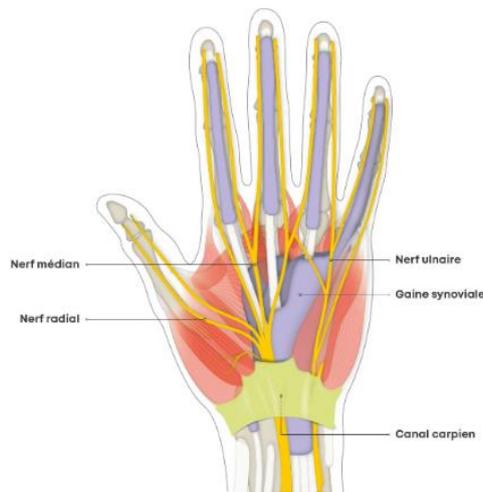


Figure 9 Le système nerveux de la main¹⁹

Le système nerveux de la main peut être scindé en la description de 3 nerfs que sont le nerf ulnaire, le nerf médian et le nerf radial. [8]

1.2.7.1 Le nerf ulnaire

Le nerf ulnaire est un **nerf mixte** (sensitif et moteur). Il est considéré comme la plus importante des terminaisons du faisceau médial du plexus brachial. Ses racines proviennent de C8 et T1. [8]

Le nerf ulnaire apparaît au sein du creux axillaire et se termine en deux branches différentes (superficielle et profonde) dans la région du poignet et plus précisément sur le bord inférieur du pisiforme. L'artère ulnaire suit le nerf latéralement. [8]

¹⁷ <https://www.earthslab.com/anatomy/dorsal-venous-arch-hand-foot/> (consulté novembre 2023)

¹⁸ <https://www.la-main.ch/2020/11/anatomie-main-poignet/> (consulté en novembre 2023)

¹⁹ [Syndrome du canal carpien - Causes, symptômes et traitements - Orliman](#) (consulté en novembre 2023)

Branches collatérales	Banches terminales
Rameaux articulaires Rameaux musculaires Rameau dorsale Rameau palmaire	Profonde Superficielle divisée en 3 nerfs : le fléchisseur propre du V, le fléchisseur commun des doigts, un rameau anastomotique avec le médian

Tableau I Les ramifications du nerf ulnaire

Le nerf ulnaire étant un nerf mixte, il présentera une fonction motrice et une fonction sensitive. Le nerf ulnaire permet, étant donné sa **fonction motrice**, la préhension et les mouvements latéraux des doigts. Il permet également, du fait de sa seconde fonction, **l'innervation sensitive** telle que représenté dans les figures 10 et 11. Elle englobe une partie de la région palmaire de la main délimitée par l'axe du 4^{ème} doigt, mais aussi une partie de la région dorsale délimitée par l'axe du 3^{ème} doigt (D3). Le nerf ulnaire n'innerve pas la portion latérale de la 1^{ère} phalange et les 2^{ème} et 3^{ème} phalange de D3. La portion latérale de la 2^{ème} et de la 3^{ème} phalange n'est pas innervée par le nerf ulnaire. [8]

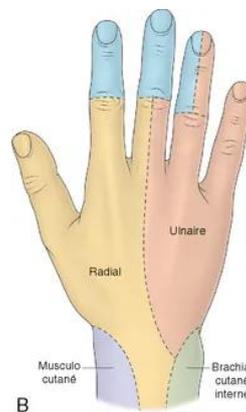


Figure 10 L'innervation sensitive de la main (face postérieure)²⁰

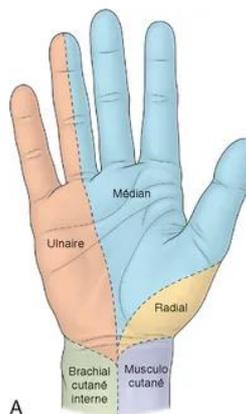


Figure 11 L'innervation sensitive de la main (face antérieure)²¹

²⁰ <https://www.la-main.ch/2020/11/anatomie-main-poignet/> (consulté en novembre 2023)

²¹ <https://www.la-main.ch/2020/11/anatomie-main-poignet/> (consulté en novembre 2023)

1.2.7.2 Le nerf médian

Le nerf médian est une branche terminale issue du plexus brachial ayant pour racine C5, C6, C7, C8 et T1. C'est un **nerf mixte** qui naît de la jonction de deux racines dans le creux axillaire à proximité de l'artère axillaire. Il se termine dans le canal carpien sur le bord inférieur du rétinaculum des fléchisseurs. [8]

Branches collatérales	Branches terminales
Nerf diaphysaire de l'humérus Nerf de l'artère brachiale Rameau articulaire pour le coude Nerf du chef huméral du rond pronateur Nerf des épicondyliens médiaux Nerf interosseux antébrachial antérieur Rameau palmaire du nerf médian	Les branches terminales sont situées à la loge palmaire moyenne, on retrouve : Rameau musculaire thénarien Nerfs digitaux palmaires communs I, II, III

Tableau II Les ramifications du nerf médian

Comme expliqué précédemment, le nerf médian est un nerf mixte, il a donc une fonction d'innervation motrice et une fonction d'innervation sensitive. Dans sa **fonction motrice**, le nerf médian permet la flexion, la pronation de la main et la pince pollicidigitale. Du fait de sa **fonction sensitive**, le nerf médian innerve la partie latérale de la face palmaire de la main et plus précisément la face palmaire du pouce, de D2 et D3, mais aussi la portion latérale de D4. Au niveau de la face dorsale de la main, le nerf médian assure l'innervation des 1^{ère} et 2^{ème} phalanges du pouce, du 2^{ème} et du 3^{ème} doigt (*figures 10 et 11*). [8]

1.2.7.3 Le nerf radial

Le nerf radial représente la branche terminale du plexus brachial la plus volumineuse avec pour racine C5, C6, C7 et T1. C'est un **nerf mixte** qui naît tout comme le nerf médian et le nerf ulnaire au sein du creux axillaire. Il va se diviser dans sa portion distale en deux branches terminales (profonde et superficielle). [8]

Branches collatérales	Branches terminales
Nerf cutané postérieur du bras Nerf du chef long du triceps Nerf supérieur du vaste médial Nerf inférieur du vaste médial Nerf du vaste latéral Nerf cutané latéral inférieur du bras Nerf cutané postérieur de l'avant-bras Nerf du brachio-radial Nerf du long extenseur radial du carpe	Branche superficielle Branche profonde

Tableau III Les ramifications du nerf radial

Le nerf radial est un nerf mixte avec une branche terminale profonde exclusivement motrice et une branche terminale superficielle, exclusivement sensitive. Au **niveau moteur**, le nerf radial permet essentiellement l'extension du membre supérieur. Il peut accessoirement être supinateur et abducteur du pouce. Le nerf radial dans sa **fonction sensitive** innerve différentes zones parmi lesquelles on compte au niveau de la main : la portion médiale de la face postérieure de l'avant-bras,

la partie latérale de la face dorsale de la main à l'exception des 2^{ème} et 3^{ème} phalanges de D2 et D3 et une partie de la base de l'éminence thénar (voir figures 10 et 11) [8]

1.2.8 L'anatomie fonctionnelle de la main

La main effectue des mouvements complexes à l'aide des articulations qui la composent. [3]

1.2.8.1 Le poignet

Le poignet est une articulation à 3 degrés de liberté (ddl). Il réalise les mouvements suivants : [3]²²

- Flexion
- Extension
- Abduction
- Adduction
- Rotations (faible amplitude)

L'amplitude articulaire est différente pour chaque mouvement :

Flexion*	Extension*	Abduction	Adduction	Rotation latérale	Rotation médiale
≈ 80°	50° (active) à 90° (passive)	≈ 15°	≈ 40°	Légère et se combine à la flexion et à l'adduction	Légère et se combine à l'extension et à l'abduction

Tableau IV Les amplitudes articulaires du poignet

*Les gestes de la vie quotidienne ne requièrent que 45° d'amplitude.[3]

Le poignet étant une articulation à 3ddl, il pourra effectuer un mouvement de circumduction. Le mouvement de la main dessine un cône dévié du côté ulnaire, car l'amplitude en adduction est plus importante qu'en abduction. [3]

Au repos, le poignet est en légère flexion et en adduction tandis qu'en position de fonction, le poignet est en légère extension (sans inclinaison). [3]

1.2.8.2 L'articulation carpo-métacarpienne

L'articulation carpo-métacarpienne du pouce

Il s'agit d'une articulation à 2ddl permettant les mouvements de :

- Flexion
- Extension
- Abduction
- Adduction[3]

²² <https://clemedicine.com/16-plaies-des-nerfs-et-reeducation-de-la-sensibilite/>(consulté en novembre 2023)

L'amplitude de ces mouvements est de :

Flexion	Extension	Abduction	Adduction
≈ 50°	≈ 50°	≈ 60°	≈ 60°

Tableau V Les amplitudes articulaires de la carpo-métacarpienne du pouce

Sur cette articulation, la combinaison de ces mouvements (circumduction) permet l'opposition du pouce. Ce dernier désigne le mouvement qui permet à la pulpe du pouce d'être en contact avec la pulpe de chaque doigt long. [3]

Lorsque la main est en position de fonction, le 1^{er} métacarpien réalise avec le 2^{ème} métacarpien un angle de 40° (plan sagittal) et un angle de 20° (plan frontal). [3]

L'articulation carpo-métacarpienne des doigts longs

C'est une articulation plane (sans ddl). Elle est immobile au regard de D2 et D3. Au niveau D4 et D5, il existe des mouvements de flexion, d'extension, d'abduction, d'adduction et de torsions de très faible amplitude. Le creux de la main est possible, entre autres, grâce à cette articulation. [3]

1.2.8.3 L'articulation métacarpo-phalangienne

L'articulation métacarpo-phalangienne des doigts longs

C'est une articulation à 3ddl (mouvement de circumduction possible), permettant donc les mouvements de [3]:

- Flexion-Extension (mouvement majeur avec un rôle dominant lors de la préhension)
- Abduction-Adduction (possible, uniquement, lorsque les ligaments sont relâchés)
- Rotations (réduit)

Flexion	Extension	Abduction-Adduction
≈ 90°	30° en actif et 70° en passif	30 à 40°

Tableau VI Les amplitudes articulaires de la métacarpo-phalangienne des doigts longs

L'articulation métacarpo-phalangienne du pouce

Au niveau du pouce, il s'agit d'une articulation à 2ddl permettant [3] :

- Flexion
- Extension
- Abduction
- Adduction

Flexion	Extension	Abduction-Adduction
Entre 50° et 70°	Entre 0° et 10°	Faibles, mais compensées par l'articulation trapézo-métacarpienne

Tableau VII Les amplitudes articulaires de la métacarpo-phalangienne du pouce

1.2.8.4 L'articulation interphalangienne

L'articulation interphalangienne des doigts longs

Elle est une articulation à 1ddl que ce soit pour l'interphalangienne proximale (IPP) ou distale (IPD). Elle réalise le mouvement de flexion et d'extension permettant de fermer la main pour attraper des objets.

Nous pouvons noter les amplitudes suivantes [3]:

Flexion	Extension
IPP : 120° IPD : 80°	IPP : 0° IPD : 5° en actif et 20° en passif

Tableau VIII Les amplitudes articulaires des interphalangiennes des doigts longs

L'articulation interphalangienne du pouce

Il n'existe qu'une seule articulation interphalangienne pour le pouce (IP). Il s'agit d'une articulation synoviale de type ginglyme accomplissant [3]:

- Flexion-Extension (les amplitudes sont notées sur le tableau ci-dessous)
- Une rotation peut se combiner à la flexion lorsqu'il y a opposition du pouce

Flexion	Extension
Entre 70° et 90°	10° en actif et 30° en passif

Tableau IX Les amplitudes articulaires de l'interphalangienne du pouce

1.2.9 Le système tégumentaire

1.2.9.1 Généralités sur le système tégumentaire

Le système tégumentaire est nécessaire au corps. Il le protège, agit dans sa régulation thermique, permet de ressentir les différentes sensations (bonnes ou désagréables) et informations sensorielles qui surviennent de l'environnement extérieur. [7]

Ce système est localisé à la **surface externe** du corps et est constitué de divers éléments : la peau, les ongles, les poils, les glandes sébacées, les cheveux, les glandes sudoripares et les récepteurs sensitifs. [6,7]

Le système tégumentaire joue également, du fait de sa visibilité, un rôle important dans notre **image de soi** et permet de mettre en lumière nos **émotions**, des aspects physiologiques de notre corps tels que la transpiration et des changements de couleur de peau qu'ils soient **physiologiques** (émotion forte de gêne entraînant le rougissement...) ou **pathologiques** (cyanose, malaise...). Il est donc l'organe le plus facilement observable au sein du corps humain que ce soit pour des pathologies internes (organes internes en souffrance retranscrits au travers du système tégumentaire) ou pour des pathologies externes (spécifiques à la peau et au système tégumentaire). [7]

Le système tégumentaire, et plus particulièrement la peau, est le système le plus à risque d'être exposé aux dangers tels que des traumatismes, des infections, des brûlures et des maladies.[7]

1.2.9.2 La peau

Comme expliqué précédemment, la peau ou membrane cutanée fait partie intégrante du système tégumentaire et représente l'organe le plus lourd du corps humain. La peau est la membrane qui recouvre notre corps dans sa surface externe, divisée en **différentes couches** : l'épiderme, le derme et l'hypoderme (ou tissu sous-cutané). [7]

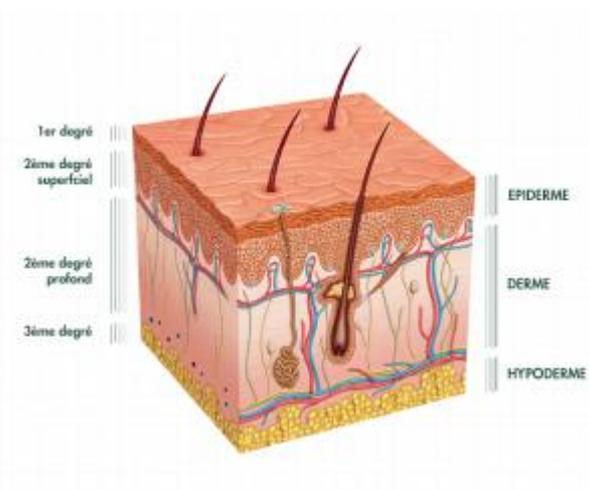


Figure 12 Illustration générale de la peau²³

²³ [Découverte du système tégumentaire \(la peau\) - Enseignons.be](#) (consulté en novembre 2023)

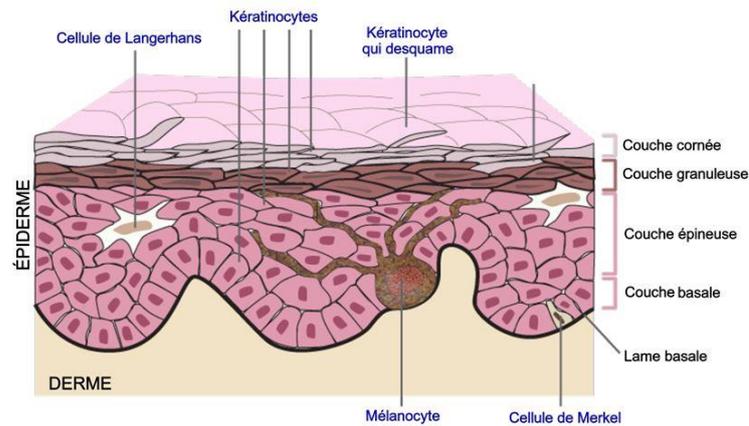


Figure 13 Les différents éléments de l'épiderme²⁴

L'épiderme représente la couche la plus superficielle de la peau. Elle se divise en plusieurs étages et est composée essentiellement d'un épithélium pavimenteux stratifié contenant 4 types de cellules épidermiques distinctes[7] :

- **Les kératinocytes** représentent la majorité des cellules de l'épiderme produisant de la kératine. Cette protéine permet de protéger la membrane cutanée et le tissu sous-jacent des agressions externes tels que les produits chimiques, les abrasions et les microbes. Cette protéine permet également à la peau d'être imperméable à la sortie et à l'entrée d'eau, mais également à l'arrivée de particules étrangères. [7]
- **Les mélanocytes** sont des cellules permettant la production des pigments du corps appelés également la mélanine dont la fonction est de colorer notre peau. C'est un pigment de couleur jaune-rouge ou brun-noir qui a également pour but de protéger le corps des rayonnements ultra-violets. [7]
- **Les cellules dendritiques** appelées également cellules de Langerhans participent à la réponse immunitaire lors de la reconnaissance, la destruction d'agents pathogènes et protègent contre les ultra-violets. [7]
- **Les cellules épithéliales tactiles** ou cellules de Merkel sont présentes dans la couche la plus profonde de l'épiderme et sont en contact avec le corpuscule sensoriel non-encapsulé ou disque de Merkel. Ce contact permet la détection de stimuli tactiles. [7]

²⁴ [Anatomie fonctionnelle de la peau - \(microbiologiemedicale.fr\)](http://Anatomie fonctionnelle de la peau - (microbiologiemedicale.fr)) (consulté en novembre 2023)

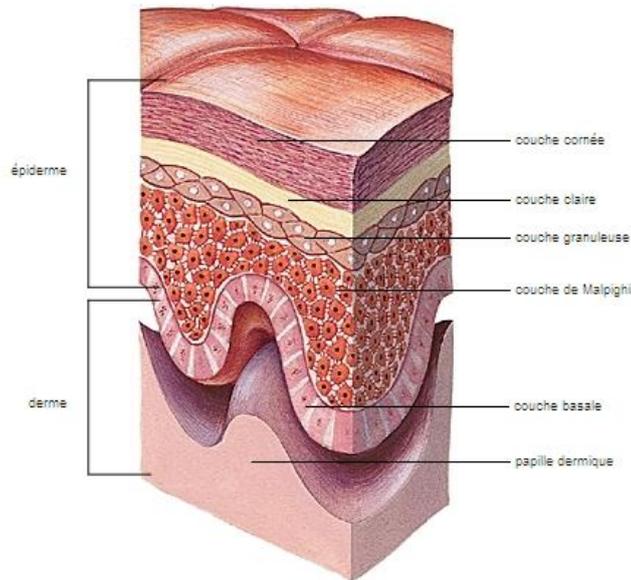


Figure 14 Les différentes couches de l'épiderme et du derme²⁵

Le derme situé en dessous de l'épiderme est constitué de tissus conjonctifs denses comportant des **fibres de collagènes** et des **fibres élastiques**. Ces fibres lui confèrent une grande résistance à la traction avec une grande capacité élastique lui permettant de reprendre sa forme initiale après avoir été étiré. [7]

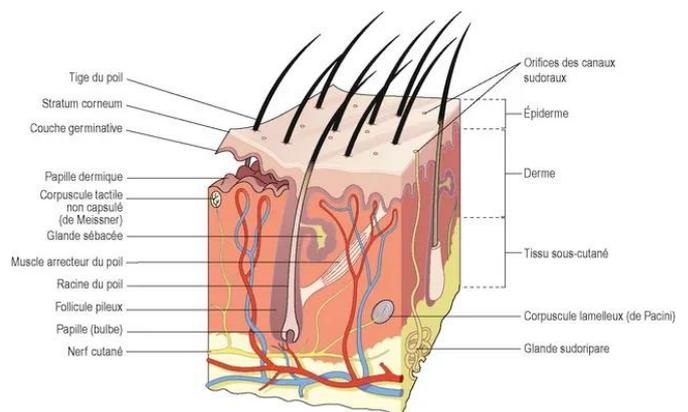


Figure 15 Les différents éléments du derme²⁶

Les vaisseaux sanguins, les nerfs, les glandes et les follicules sont présents au niveau du derme tandis qu'ils sont absents au sein de l'épiderme. Le derme est donc nécessaire au bon fonctionnement de l'épiderme et crée pour cela de nombreuses relations structurelles et fonctionnelles. Le derme peut être divisé en deux couches :

- **Le derme papillaire** (superficiel et fin) contient des fibres de collagènes, d'élastines et des papilles dermiques hébergeant des vaisseaux sanguins et des terminaisons nerveuses.
- **Le derme réticulaire** (profond et épais) contient des fibres de collagènes, des fibroblastes et nous retrouvons entre les cellules des adipocytes, des vaisseaux sanguins, des nerfs, des glandes sébacées et des glandes sudoripares. [7]

²⁵ [épiderme - LAROUSSE](#) (consulté en novembre 2023)

²⁶ [14: Peau | Medicine Key \(clemedicine.com\)](#) (consulté en novembre 2023)

1.3 Les brûlures de la peau

1.3.1 Généralités sur les brûlures

Une brûlure est une **lésion cutanée complexe** et d'origine variée entraînant une blessure locale pouvant avoir de graves conséquences au niveau systémique par suite de la réponse inflammatoire importante et souvent de longue durée. La brûlure peut être de **différentes origines** : thermique, électrique, contact avec des produits chimiques, radiations et frictions.²⁷²⁸

1.3.1.1 Quelques chiffres²⁹

Selon l'OMS, chaque année, il y a environ 8 000 hospitalisations en France à la suite de brûlures dont 94 % sont d'origine accidentelle. Les populations les plus touchées sont les hommes et les enfants de moins de 5 ans (28,8 % des patients hospitalisés pour des brûlures en 2014 sont des enfants de 0 à 4 ans selon le PMSI-MCO).

Le PMSI-MCO (qui se base sur l'enregistrement des données dans un recueil) souligne une légère diminution du nombre de nouveau cas de patients hospitalisés pour des brûlures (et plus particulièrement chez les hommes) entre 2009 et 2014 comme l'indique le diagramme :

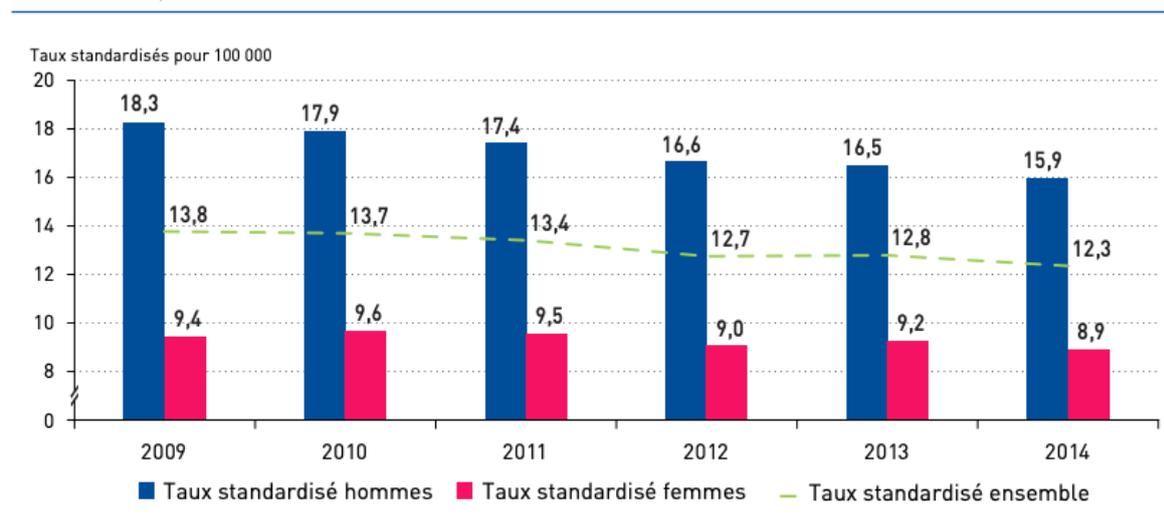


Figure 16 Diagramme de répartition des patients hospitalisés pour une brûlure entre 2009 et 2014²⁹

Selon World Health Organization (WHO), nous recensons chaque année 180 000 décès causés par des brûlures avec une majorité des décès dans les pays en développement. Les brûlures se produisent généralement à domicile ou sur le lieu de travail et peuvent la plupart du temps être évitées.³⁰

Affectant chaque année une population importante et étant généralement évitable, les brûlures constituent un **problème majeur de santé publique**.

²⁷ [Cellules | Texte intégral gratuit | La réponse immunitaire et régénérative aux brûlures \(mdpi.com\)](#) (consulté en décembre 2023)

²⁸ [Les brûlures: de l'ébouillement à l'électrisation - définitions et traitement \(semanticsscholar.org\)](#) (consulté en décembre 2023)

²⁹ [Les brûlures – Santé publique France \(santepubliquefrance.fr\)](#) (consulté le décembre 2023)

³⁰ [Brûlure \(who.int\)](#) (consulté en décembre 2023)

1.3.1.2 Classification et facteurs associés³¹

La gravité des brûlures est dépendante de la superficie et de la profondeur de cette dernière. Nous classons généralement les brûlures en **3 grades de gravités** (de celui avec la plus faible gravité à celui avec la plus forte gravité) [9]:

- Premier degré
- Second degré (superficielle ou profond)
- Troisième degré

Les caractéristiques des différents stades de gravités de la brûlure sont disponibles dans un tableau en annexe 1. Nous retrouverons également, en annexe 2, une figure illustrant les différents degrés de brûlures.

En prime de la superficie et de la profondeur de la brûlure, la gravité de cette lésion est dépendante de différents facteurs tels que l'emplacement de la brûlure, l'âge du patient et les morbidités associés.

La règle de Wallace (règle des 9) est une méthode permettant de déterminer le pourcentage de surface corporelle atteint par la brûlure. La main du patient représente 1 % du BSA (Body Surface Area). Lorsqu'il y a moins de 10 % du BSA qui est atteint, les brûlures sont considérées comme mineures et guérissent sans intervention chirurgicale. Lorsqu'il y a plus de 20 % du BSA atteint, la brûlure est majeure et une intervention chirurgicale doit être envisagée. Plus la brûlure est importante, plus le risque de complications augmente.

1.4 Un point sur la cicatrisation

1.4.1 La cicatrisation physiologique³²³³

La cicatrisation physiologique de la peau est un phénomène survenant à la suite d'une agression externe pouvant altérer les différentes couches de la membrane cutanée. Cette agression entraîne la formation d'une plaie qui va suivre plusieurs étapes avant de revenir de façon complète ou incomplète à son état initial.

Une lésion au niveau de la peau survient donc après la dégradation à minima de l'épiderme. On considère qu'il y a une plaie à partir du moment où il y a lésion tissulaire ou altération de la physiologie cutanée pouvant entraîner une perte fonctionnelle.

³¹ [Les brûlures: de l'ébouillement à l'électrisation - définitions et traitement \(semanticscholar.org\)](https://www.semanticscholar.org/) (consulté en décembre 2023)

³² [Cicatrisation des plaies - StatPearls - NCBI Bookshelf \(nih.gov\)](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/) (consulté en décembre 2023)

³³ [Cellules | Texte intégral gratuit | La réponse immunitaire et régénérative aux brûlures \(mdpi.com\)](https://www.mdpi.com/) (consulté en décembre 2023)

La cicatrisation physiologique est donc un **processus dynamique** mettant en jeu divers mécanismes (cellulaires, humorales, moléculaires) pouvant être classifié en **trois phases différentes** :

- **L'inflammation** : La réaction inflammatoire enclenche une réponse immunitaire innée avec activation des cellules inflammatoires (permettant le nettoyage de la zone par élimination des cellules mortes et des débris). Cela permet aux kératinocytes et aux fibroblastes de débiter la réparation tissulaire. La réaction inflammatoire a donc pour but de protéger la zone des agents pathogènes et de débiter la cicatrisation.
- **La prolifération** : C'est l'étape de formation d'un tissu de granulation (À l'aide de cellule proliférante : majoritairement fibroblastes et cellules endothéliales) et de la restauration du système vasculaire (angiogenèse et vasculogénèse). Lors de cette phase, débute également l'épithélialisation (stimulé par des cytokines inflammatoires et différents facteurs de croissance)
- **Le remodelage** : Lors de cette dernière phase, la formation du tissu de granulation se termine et il y a maturation de la plaie. Il y a transformation du collagène, contraction de la plaie avec différenciation du fibroblaste et du myofibroblaste, diminution du flux sanguin et enfin apparition de la cicatrice.

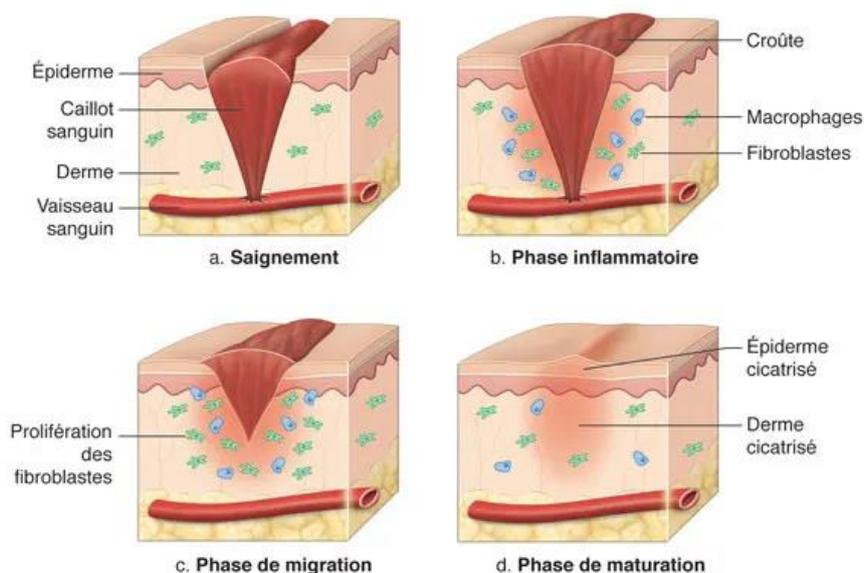


Figure 17 Les phases de la cicatrisation physiologique³⁴

Relativement, aux autres types de plaies, les brûlures possèdent quelques spécificités. Une brûlure se démarque des plaies cutanées par sa distinction en **trois zones définies** : la zone de coagulation, la zone de stase et la zone d'hyperémie.

- La zone la plus interne est celle de **coagulation**. Elle est en contact direct avec le site primaire de la brûlure où on retrouve un phénomène de nécrose des cellules présentes.

³⁴ [Les 4 phases de cicatrisation d'une plaie - Super Panseur](#) (consulté en décembre 2023)

- **La zone de stase**, quant à elle, se distingue par les lésions tissulaires et l'hypoxie qui la constitue. Cette zone est potentiellement récupérable.
- La zone la plus externe est celle de l'**hyperémie**. La réponse inflammatoire entraîne au niveau de cette zone l'apparition d'un gonflement important et d'une rougeur. Il y a une bonne récupération sur cette zone.

Lorsqu'une **brûlure grave** se produit, la réaction inflammatoire va s'intensifier et se prolonger. Cette élongation du temps d'inflammation va entraîner **divers effets** tels que :

- Altérations de plusieurs organes (cœur, poumons, vaisseaux, reins)
- Élévation de la perméabilité au niveau des capillaires avec perte liquidienne ou formation d'un œdème (choc de brûlure avec diminution du débit cardiaque, augmentation de la résistance vasculaire, hypovolémie et hypoperfusion)
- Défaillance de certains organes possibles (une fréquence cardiaque élevée, une pression artérielle basse, un nombre de globule blanc et une température corporelle basse ou élevée)
- Une croissance du tissu de granulation excessive et une contraction de la plaie entraînant une déformation de la cicatrice apparente pouvant restreindre la fonction

1.4.2 Infection et cicatrisation pathologique

Une perturbation, quelle qu'elle soit, lors du phénomène de cicatrisation d'une plaie, peut endommager l'évolution de cette dernière. [9–11]

1.4.2.1 Septicémie ³⁵

« **La septicémie** est la réponse ultime de l'organisme à l'infection et la principale cause de décès chez les patients gravement brûlés. Il est défini comme « un **dysfonctionnement grave** d'un organe attribué à la réponse désordonnée de l'hôte à l'infection » ». ³⁶

Ce sont des **infections courantes** chez les brûlés. Au plus, une brûlure est importante en termes de superficie, au plus, elle est considérée comme grave. Le risque d'infection est proportionnel à la gravité de la brûlure et peut engendrer une septicémie.

Les septicémies sont généralement d'origine **bactérienne** même si des origines virales et fongiques existent. Le risque est présent tant qu'il n'y a pas eu cicatrisation des plaies. La forme terminale de septicémie entraînant le plus souvent les décès dans les unités de grands brûlés est le choc septique.

³⁵ [Cellules | Texte intégral gratuit | La réponse immunitaire et régénérative aux brûlures \(mdpi.com\)](#) (consulté en décembre 2023)

³⁶ [Cellules | Texte intégral gratuit | La réponse immunitaire et régénérative aux brûlures \(mdpi.com\)](#) (consulté en décembre 2023)

1.4.2.2 Inflammation chronique à la suite d'une brûlure

La prolongation du processus inflammatoire entraîne une **inflammation chronique de la brûlure**. Étant donné cette inflammation chronique, il y aura une réparation des tissus moyennant la régénération physiologique. Cette réparation va occasionner la création du tissu cicatriciel avec une croissance excessive du tissu de granulation ainsi qu'une contraction de la plaie. [9,10]

Également, lors de cette inflammation chronique, la matrice extracellulaire en développement va être endommagée, la formation des vaisseaux sanguins va diminuer et la réépithélialisation va être freinée.

Tout ceci, amène à une cicatrisation non-physiologique (donc pathologique) que l'on peut retrouver en cicatrisation **hypertrophique** ou en formation **chéloïdes**. [10,11]

La cicatrice hypertrophique a pour facteur de risque principal l'inflammation chronique. Les cicatrices hypertrophiques sont inquiétantes lorsqu'elles sont la résultante d'une brûlure étant donné les risques encourus de modifications de la fonction et de l'esthétique de la membrane cutanée. [10]

1.4.3 Les brûlures de la main : spécificité chez l'enfant

Comme nous l'avons dit antérieurement, les enfants entre 0 et 4 ans font partie des populations dénombant le plus d'hospitalisation par an pour cause de brûlure cutanée. C'est un traumatisme fréquent avec pour mécanisme principal la **brûlure thermique** (liquides chauds). [12,13]

La prise en charge pédiatrique des brûlures de la main est particulière comparativement à la prise en charge chez l'adulte du fait de la **croissance évolutive** de l'enfant qui peut être freinée par la formation de cicatrices pathologique (cicatrice hypertrophique) ou de brides entraînant une rétraction des tissus cutanées. [12,13]

La brûlure de la main constitue un **critère de gravité important en pédiatrie** du fait de l'altération de la fonction et les dommages esthétiques que cela entraîne. Lorsque l'état du patient est stable, la priorité sera la prise en charge du visage et de la main, car un début de prise en charge tardif occasionne des **séquelles difficiles** à traiter. [12,13]

La prise en charge d'une brûlure de la main en pédiatrie est **pluridisciplinaire** et l'équipe médicale aura pour but de prévenir les infections et d'optimiser les cicatrices. Ces précautions sont essentielles pour le conditionnement de la qualité de la cicatrice notamment lors des 21 premiers jours. [12,13]

Une atteinte **d'au moins 10 %** du corps de l'enfant entraîne obligatoirement un séjour en réanimation avec surveillance nutritionnelle dans le but d'éviter la propagation de la lésion cutanée, d'améliorer la cicatrisation et de favoriser le pronostic vital. Il y a un risque de choc hypovolémique accru chez l'enfant. [12,13]

Le suivi de l'enfant se fera jusqu'au terme de sa croissance pour s'assurer qu'il n'y a pas de besoin d'une reprise chirurgicale secondaire à la suite de séquelles. [12,13]

1.5 La rééducation

1.5.1 Brûlure : Le protocole de rééducation[12–16]

En pédiatrie, la rééducation après une brûlure de la main est très importante étant donné le risque de séquelle pouvant nuire à la croissance, mais également, car les enfants ont plus de chance de voir apparaître des cicatrices hypertrophiques, des rétractions ou des brides.

Les principes de la prise en charge en rééducation vont dépendre du **niveau de gravité** de la brûlure de la main. Cependant, nous pouvons souligner que pour optimiser l'évolution des plaies cutanées, la prise en charge en rééducation par le kinésithérapeute doit être **précoce, continue et prolongée** tout au long de la phase de maturation de la cicatrice. Cette prise en charge doit également prévenir les **déformations et cicatrices hypertrophiques**. Elle devra être évolutive avec une réévaluation régulière de la main à l'aide de bilans.

La rééducation se base sur **trois actions** que sont :

- **L'immobilisation** : Positionnement d'une orthèse laissé en permanence sur la main de l'enfant. Une immobilisation prolongée et la plus précoce possible permet de prévenir le risque de cicatrisation hypertrophique ou rétractile. En effet, la main étant une zone d'hypermobilité, le risque de cicatrisation pathologique est important.
- **L'étirement cutané** en capacité cutanée maximale
- **La compression** du segment anatomique à traiter

La rééducation peut se diviser en **4 phases distinctes** (représentant les 4 périodes de traitements que le patient devra suivre la plupart du temps) que sont :

- La réanimation chirurgicale
- La rééducation en centre spécialisé
- La rééducation ambulatoire chez un kinésithérapeute dans un cabinet libéral
- Essentiellement porté sur la chirurgie réparatrice, mais où l'on peut parfois avoir recours à de la rééducation.

1.5.2 Le monde virtuel au sein de la rééducation

1.5.2.1 *Qu'est-ce que la réalité virtuelle ?*³⁷

La réalité virtuelle se définit comme une simulation informatique immersive mettant en jeu différentes stimulations sensorielles réalisées au sein d'un environnement réel dans une situation donnée. Au plus, le programme de réalité virtuelle prendra en compte plusieurs sens, au plus, l'immersion du sujet dans l'expérience sera importante. [15,17]

À partir de 1970, la réalité virtuelle a été utilisée dans le but d'améliorer l'apprentissage au sein de différents métiers. Depuis une dizaine d'année, nous avons pu observer un développement important de cette dernière notamment dans le **domaine médical**. La réalité virtuelle s'impose progressivement comme un **outil thérapeutique** pour les différents champs de la santé que ce soit en médecine, en rééducation ou dans le traitement de troubles psychologiques. [17]

³⁷ [Apport de la réalité virtuelle pour la rééducation fonctionnelle - PASTEL - Thèses en ligne de ParisTech \(hal.science\)](#) (consulté en novembre 2023)

La réalité virtuelle permet d'enregistrer l'activité de l'individu au sein de l'environnement virtuel qu'il perçoit et qui impactera la qualité de l'expérience immersive. Le système sera d'autant plus interactif que le calcul d'ajustement sera performant. [17]

L'importation de la réalité virtuelle au sein du domaine médical présente **deux intérêts majeurs** :

- Un signal feedback permettant un meilleur encadrement de la réponse motrice du patient
- La mesure précise de l'activité du patient et les paramètres de cette activité

1.5.2.2 *Qu'est-ce que la réalité augmentée ?*

La réalité augmentée (AR) est une technologie innovante intégrant des éléments fictifs dans notre environnement. Auparavant, cet outil nécessitait l'accès à un ordinateur, mais à présent, nous pouvons y accéder à l'aide d'applications mobiles, de tablettes ou de lunettes. Elle permet d'associer le monde virtuel et le monde réel afin que l'utilisateur ait l'impression que l'image 3D véhiculée fait partie intégrante de son environnement.³⁸

La réalité augmentée fait vivre à l'utilisateur une expérience dans laquelle une interaction entre le monde réel et virtuel a lieu à l'aide de systèmes optiques. [18]

La réalité augmentée, à l'inverse de la réalité virtuelle, a été élaborée dans un **but expérimental** et professionnel. L'arrivée des smartphones a permis l'accès simplifié de cette technologie à un plus grand nombre d'individus.²⁹

1.5.2.3 *L'intérêt de la réalité virtuelle en kinésithérapie* ³⁹

L'utilisation de la réalité virtuelle en rééducation présente de nombreux **avantages** tels que :

- Adaptation de l'environnement qui peut être modifié en fonction de l'évolution du patient
- Les données émises par le patient sont enregistrées tout au long des séances
- Les ressources émises peuvent être utilisées dans le but de corriger et analyser les erreurs du patient
- Il y a une réduction des risques par la simulation

Concernant les **inconvenients**, les effets haptiques (exploitation du toucher) sont difficiles à reproduire et il peut y avoir des intolérances sensorielles au contact de l'appareil.

[15,17]

1.5.2.4 *L'intérêt de la réalité augmentée dans la rééducation*

La réalité augmentée connaît un essor au sein du domaine médical et paramédical. Son utilisation s'est accrue au fil du temps et se déploie de l'éducation médicale à la chirurgie guidée par l'image d'AR. [19]

Les **avantages** de son utilisation au sein de notre profession sont intéressants. La superposition entre le monde virtuel et le monde réel se fait directement et peut être utilisé dans la formation des patients tout comme dans leur rééducation. [20]

³⁸ [Définition : Qu'est-ce que la réalité augmentée ? - Artefacto \(artefacto-ar.com\)](#) (consulté en février 2023)

³⁹ [Apport de la réalité virtuelle pour la rééducation fonctionnelle - PASTEL - Thèses en ligne de ParisTech \(hal.science\)](#) (consulté en novembre 2023)

1.5.2.5 La réalité virtuelle et la réalité augmentée

Ces deux dispositifs virtuels se sont développés de façon exponentielle depuis ces dernières années. Leur intégration dans le domaine médical et paramédical permet de faire **évoluer la pratique** et son utilisation est très variée. Que ce soit dans le diagnostic, la formation professionnelle ou la rééducation, leurs utilisations apportent un réel avantage dans la pratique des professionnels de santé. [20]

Cependant, leur utilisation dans le domaine de la santé est encore **récente** et ne permet pas d'affirmer le rôle et la contribution que ces dispositifs ont dans la rééducation. Enfin, la publication autour de la réalité virtuelle et de la réalité augmentée s'accroît depuis quelques années. La littérature reste cependant maigre sur le sujet. [20]

1.6 Objectif de notre revue de littérature :

Tout au long de cette introduction, nous avons pu mettre en lumière certaines informations et constater que :

- La main est une extrémité complexe du membre supérieur dotée de nombreuses structures permettant une quantité de mouvement importante et diversifiée
- La main pendant l'enfance est d'autant plus complexe que l'ossification secondaire est inachevée
- La peau est l'organe le plus imposant du corps et possède une organisation rigoureuse
- À la suite d'une blessure, la peau va traverser différentes étapes avant de retrouver sa forme initiale
- Une cicatrisation pathologique peut entraîner des rétractions et une immobilité accrue
- La brûlure de la main chez l'enfant est un problème de santé publique majeur et les risques de cicatrisation pathologiques sont importants
- L'utilisation des jeux numériques dans le milieu de la santé est en plein essor

Ainsi, en tenant de toutes les informations présentées lors de cette introduction, nous avons pu élaborer la problématique suivante :

« L'utilisation d'un équipement virtuel est-il efficace dans la récupération fonctionnelle de la main brûlée en pédiatrie »

En effet, cette revue de littérature nous permettrait de mettre en évidence s'il existe un véritable intérêt d'ajouter aux séances de rééducation l'outil thérapeutique que représentent les équipements virtuels.

Pour ce faire, nous allons présenter la méthode utilisée dans la conception de cette revue de littérature.

2 Méthode

Après avoir réalisé la formulation de notre problématique, à l'aide d'une investigation préliminaire, nous avons pu débiter nos recherches pour obtenir les éléments permettant de répondre à notre question. Pour rappel, notre problématique est la suivante :

« L'utilisation d'un équipement virtuel est-il efficace dans la récupération fonctionnelle de la main brûlée en pédiatrie »

2.1 Critères d'éligibilité des études pour cette revue

2.1.1 Type d'étude réalisé :

Notre problématique nous amène à réaliser une étude de type thérapeutique étant donné que nous cherchons à démontrer l'intérêt d'un outil thérapeutique (l'équipement virtuel) dans le traitement (récupération fonctionnelle de la main) d'une pathologie (brûlure de la main).

Notre question a pour but de savoir si l'addition d'outils virtuels est efficace dans le traitement fonctionnel de la main brûlée de l'enfant par rapport à une rééducation dite classique. Ainsi, nous pouvons affirmer que le type de question d'arrière-plan exposé ici est quantitatif.

Nous sommes donc face à une **question thérapeutique quantitative**.

Les recherches scientifiques effectuées ont été basées sur plusieurs critères de sélection et d'exclusion d'articles. Les essais contrôlés randomisés, étant le type d'article ayant le plus haut niveau de preuve, ont été privilégiés dans la sélection. Les revues systématiques ont été exclues de notre revue littéraire.

Étant donné, l'apparition récente des équipements virtuels dans la rééducation, nous supposons que les articles sur le sujet seront peu nombreux. Ainsi, afin de mettre toutes les chances de notre côté, nous intégrerons au sein de cette revue toutes les études utilisant des équipements de réalité virtuelle ou de réalité augmentée.

2.1.2 Population étudiée :

La population incluse dans cette revue littéraire comprend les **enfants** (entre 0 et 18 ans) ayant subi une brûlure située sur la main sans précision de la face touchée ou du niveau de gravité. Tout articles prenant en compte une population présentant des personnes âgées de plus de 18 ans ont été exclus de l'étude.

2.1.3 Intervention :

Le groupe interventionnel des études sélectionnées sera similaire au groupe témoin dans ses paramètres (caractéristiques de la brûlure, facteurs anthropométriques etc). En adjuvant ou en remplacement du traitement de rééducation conventionnel, le groupe interventionnel utilisera un **outil virtuel**. Pour que l'étude soit incluse dans notre revue, elle doit utiliser du matériel informatique intégrant le monde virtuel.

2.1.4 Comparateur :

Le comparateur de nos études doit être un groupe d'enfants, dont les caractéristiques sont similaires à ceux du groupe interventionnel. Il ne doit pas y avoir de **différence significative** entre les deux groupes. La rééducation conventionnelle des mains brûlées devra être appliquée sur les groupes témoins.

2.1.5 Critère de jugement :

Étant donné le risque important de perte de la mobilité de la main par suite d'une brûlure, notre critère de jugement principal sera la récupération fonctionnelle de la main. **Le test fonctionnel de la main de Jebsen-Taylor (JTHFT)** sera employé afin d'obtenir des résultats fiables concernant la récupération de la fonction de la main.

Le test fonctionnel de la main de Jebsen-Taylor est un test mesurant la **récupération fonctionnelle** de la main. Il est divisé en sept sous-parties qui seront additionnés pour obtenir un score total. Au plus, le patient exécutera les différentes sous-parties rapidement, au plus, le score du test sera positif. Ce test est effectué sur les deux mains et le score est exprimé en secondes.

2.2 Méthodologie de recherche des études

2.2.1 Les différentes sources documentaires exploitées :

De nombreuses bases de données électroniques existent. Certaines ont été utilisées pour réaliser notre introduction ainsi que pour exécuter les recherches ayant permis de sélectionner les différents articles intégrés à notre revue littéraire. Parmi les nombreuses bases de données électroniques qui ont été utilisées, nous retrouvons :

- **PubMed**: C'est la base de données électroniques médicale qui a été le plus utilisé lors de nos recherches du fait de la complétude de la base de données. Pour effectuer nos recherches, nous avons employé l'outil de « recherche avancée » pour obtenir les articles les plus en lien avec notre question. Les filtres de la base de données seront également à disposition pour axer davantage nos recherches.
- **PEDro**: C'est une base de données comprenant de nombreux articles (essai, revue...) en lien avec la pratique en physiothérapie. Elle a pour particularité l'échelle PEDro qui évalue les interventions et permet aux lecteurs d'avoir un aperçu de la fiabilité et de la validité des articles en présence. Sur PEDro, nous avons utilisé la recherche avancée pour épurer les résultats obtenus.

2.2.2 Équation de recherche utilisée

Nous avons obtenu notre question de recherche en définissant notre population, l'intervention réalisée, notre comparateur et un critère de jugement.

Réalisation de la question de recherche	
Population	Pédiatrique : enfant entre 0 et 18ans avec une brûlure à la main
Intervention	Utilisation du virtuel
Comparateur	Rééducation conventionnelle
Critère de jugement (Outcome)	Récupération fonctionnelle de la main

Tableau X Résumé de la réalisation de la question de recherche

Dans l'établissement de notre équation de recherche, nous avons utilisé différents outils permettant de créer une liaison entre les différents termes composant notre question. Les opérateurs booléens sont des outils informatiques utilisés pour lier les dissemblables termes de la recherche et obtenir un résultat les prenant en compte. Parmi les opérateurs booléens, nous retrouvons le plus fréquemment AND, OR et NOT.

Afin de déterminer les termes qui composeront cette équation de recherche, nous avons utilisé le langage documentaire spécialisé du domaine biomédical autrement appelé le langage MeSH. Ces termes spécifiques nous ont permis d'obtenir une interprétation correcte et un résultat précis de la part des bases de données.

Chaque terme retenu en français a été traduit tel que :

Terme de la question de recherche	Terme de l'équation de recherche
Pédiatrique	Paediatric child
Outil virtuel	Vitual
Rééducation	Rehabilitation Physiotherapy
Brûlure	Burn
Main	Hand

Tableau XI Traduction des termes de la question de recherche en termes de l'équation de recherche

Ces termes ont été insérés dans la barre de **recherche avancée de PubMed** avec entre chaque ligne du tableau l'opérateur booléen **AND**. L'opérateur booléen **OR** sera appliqué entre chaque mot-clé inscrit dans la même ligne. Afin de centrer la recherche sur notre équation, les termes ont été recherchés dans les titres et dans l'abstract. Cela nous a donc permis d'obtenir l'équation de recherche suivante :

Paediatric OR Child AND Virtual AND Rehabilitation OR Physiotherapy AND Burn AND HAND

Après incorporation des filtres, notre équation de recherche est la suivante :

Paediatric OR Child AND Virtual AND Rehabilitation OR Physiotherapy AND Burn AND HAND AND Clinical trial [Filter] OR Randomized Controlled trial [Filter]

Lorsque nous avons effectué notre recherche avancée sur la base de données **PEDro**, nous avons appliqué, seulement, certains champs de **la recherche avancée**.

- Pour le champ « **Abstract and Title** » nous avons suivi la nomenclature conseillée sur PEDro : Virtual*
- Pour le champ « **Problem** » nous avons opté pour : Skin lesion, wound, burn
- Pour le champ « **Body part** » nous avons choisi : Wrist or Hand
- Et enfin pour le champ « **Subdiscipline** » nous avons opté pour : Paediatrics

Cette recherche nous a permis d'obtenir **2 résultats**. Le premier article obtenu a eu 7/10 sur l'échelle de PEDro et le second 8/10 relatant un haut niveau de preuve. Cela a également mis en lumière le manque de littérature sur ce sujet.

2.3 Méthode d'extraction et d'analyse des données

2.3.1 Méthode de sélection des études

La sélection des études a été réalisée majoritairement sur PubMed. Après avoir inséré notre équation de recherche dans la section recherche avancée, nous avons obtenu un résultat de **275 articles**.

Afin d'affiner notre résultat, nous avons utilisé **les filtres** « Randomized Controlled Trial » et « Clinical trial » pour récolter uniquement le type d'article qui nous intéresse. Ainsi, nous sommes arrivées au compte de **32 articles**.

Lorsque nous avons poursuivi notre recherche d'article sur la base **PEDro**, nous avons pris soin de ne pas prendre en compte les articles qui avaient déjà été sélectionnés sur PubMed pour éviter les **doublons**.

Nous avons débuté notre recueil d'article par la lecture des titres des études. Seuls les titres qui semblaient en lien avec l'utilisation d'outil virtuel dans la rééducation de la main à la suite d'une brûlure ont été retenus. Nous constatons que peu d'articles sont en rapport direct avec notre équation de recherche sur la base de données PubMed. En effet, beaucoup d'articles ont été exclus lors de cette étape car ils ne répondaient pas à la question de recherche.

Nous avons continué notre sélection en lisant l'abstract des différents articles retenus et nous avons éliminé ceux dont le type d'étude, l'intervention ou les critères de jugements ne semblaient pas pertinents pour notre étude.

Enfin, nous avons procédé à la lecture des articles pour nous assurer qu'ils correspondent parfaitement aux critères de notre revue et qu'ils apportent un élément de réponse à notre question de recherche.

2.3.2 Évaluation de la qualité méthodologique des études sélectionnées

Afin d'évaluer la **qualité méthodologique** des études sélectionnées, nous avons utilisé **l'échelle PEDro** (disponible en annexe 3). Cette échelle, destinée à l'évaluation d'essai thérapeutique, se compose de 11 items permettant de vérifier la validité d'un article. [21]

Le score final sera basé uniquement sur les 10 derniers items, car le premier item (relatif à la **validité externe**) ne sera pas pris en compte dans le calcul. Les items allant de 2 à 9 permettent d'évaluer la **validité interne** (fiabilité de l'article) tandis que les critères 10 et 11 déterminent si l'article comporte assez d'informations statistiques pour que les résultats puissent être exploités. [21]

L'attribution du point à chaque item est réalisée uniquement si le critère est complètement respecté. Au plus, le résultat se rapproche de 10, au plus, le niveau de preuve de l'article sera important. [21]

Nous rappelons que l'utilisation de l'échelle de PEDro et plus particulièrement un score important sur cette échelle ne signifie pas que le risque de biais est absent. Nous devons donc rester vigilants dans l'analyse et dans l'interprétation des résultats. [21]

Dans le but d'évaluer la qualité méthodologique des études de cette revue, nous nous sommes servis de « **Risk of Bias Tool 2** » qui peut se traduire par échelle de RoB. Cette échelle évalue le risque de biais en se basant sur **plusieurs critères** :

- La génération de séquences aléatoires
- Le respect d'une assignation secrète
- L'aveuglement des participants et du personnel
- L'aveuglement de l'évaluateur des résultats
- Des données exhaustives dans les résultats
- La communication convenable des données
- Autres biais déterminés par le clinicien utilisant RoB

Chaque critère devra être estimé selon s'il présente un risque de biais faible, modéré ou haut pour toutes les études. Cette échelle est disponible sur le logiciel REVMAN. Après avoir inséré toutes les données nécessaires, nous obtiendrons, sur le logiciel, un graphique et un résumé des risques de biais que nous pourrions interpréter.

Enfin, nous utiliserons le **système GRADE** (Grading of Recommendations, assessment, development and evaluations) pour expertiser la force de notre revue. Le système GRADE est un modèle de classification objectivant le niveau de preuve d'une revue de littérature. Il dépend de plusieurs **paramètres** notamment :

- Le schéma d'étude des articles de la revue
- Le risque de biais
- L'incohérence
- Le caractère indirect
- L'imprécision
- Autres considérations (biais de publication)

L'évaluation du niveau de gradation de notre revue engendrera la **classification de notre revue** en :

- **Elevé**= La probabilité que le résultat de l'intervention soit le même que celui du résultat réel est très forte
- **Modéré**= Il existe une éventualité que le résultat de l'intervention soit le même que celui du résultat réel
- **Faible**= La probabilité que le résultat de l'intervention soit le même que celui du résultat réel est limitée
- **Très faible**= La probabilité que le résultat de l'intervention soit le même que celui du résultat réel est très faible

2.3.3 Extraction des données

Pour obtenir une vision globale et faciliter la comparaison des différents articles que nous avons sélectionnés, **leurs données** seront présentées de sorte que nous indiquerons :

- Le titre de l'étude
- Le nom du ou des auteurs
- L'année de parution
- Le type d'étude
- Score PEDro
- La taille de l'échantillon
- La population
- Le groupe expérimental
- Le groupe témoin
- Les critères de jugements principaux
- Les critères de jugements secondaires
- La mesure des résultats

Nous indiquerons également, dans cette revue de littérature, toutes les informations nécessaires à la compréhension des études concernant leurs populations, les protocoles d'intervention, le comparateur, les critères de jugements, la conception de l'essai et les conflits d'intérêts présents.

2.4 Méthode de synthèse des résultats

Les données obtenues à la suite de l'analyse des résultats seront présentées sous forme d'un **tableau récapitulatif** résumant les informations présentes dans chaque essai sélectionné. Le tableau ainsi obtenu nous permettra de comparer les articles entre eux.

Les résultats donnés par chaque article seront inscrits dans des tableaux où nous indiquerons **la taille d'effet, la valeur de p et l'intervalle de confiance à 95 %**. Une interprétation des résultats sera opérée de manière à délibérer sur la significativité statistique et clinique des articles en présence. Cela nous permettra de réaliser une **synthèse qualitative** de notre revue de littérature.

Une synthèse quantitative sera également réalisée à condition que les articles soient assez homogènes pour être comparés. Dans la mesure où l'un de nos articles est trop hétérogène pour être évalué avec les autres études, nous nous octroierons le droit de l'exclure de la méta-analyse. Enfin, nous présenterons les résultats de notre synthèse quantitative sous forme de **forest plot** (qui se traduit par « graphique en forêt ») où nous interpréterons les résultats donnés.

3 Résultats

3.1 Description des études

3.1.1 Diagramme de flux

Tout le travail réalisé en amont dans la partie méthodologie nous a amenés à sélectionner les études qui seront incluses dans cette revue de littérature. Le diagramme de flux résume la démarche de sélection des études qui a été réalisée en précisant à chaque étape le nombre d'étude collecté et exclu de la revue.

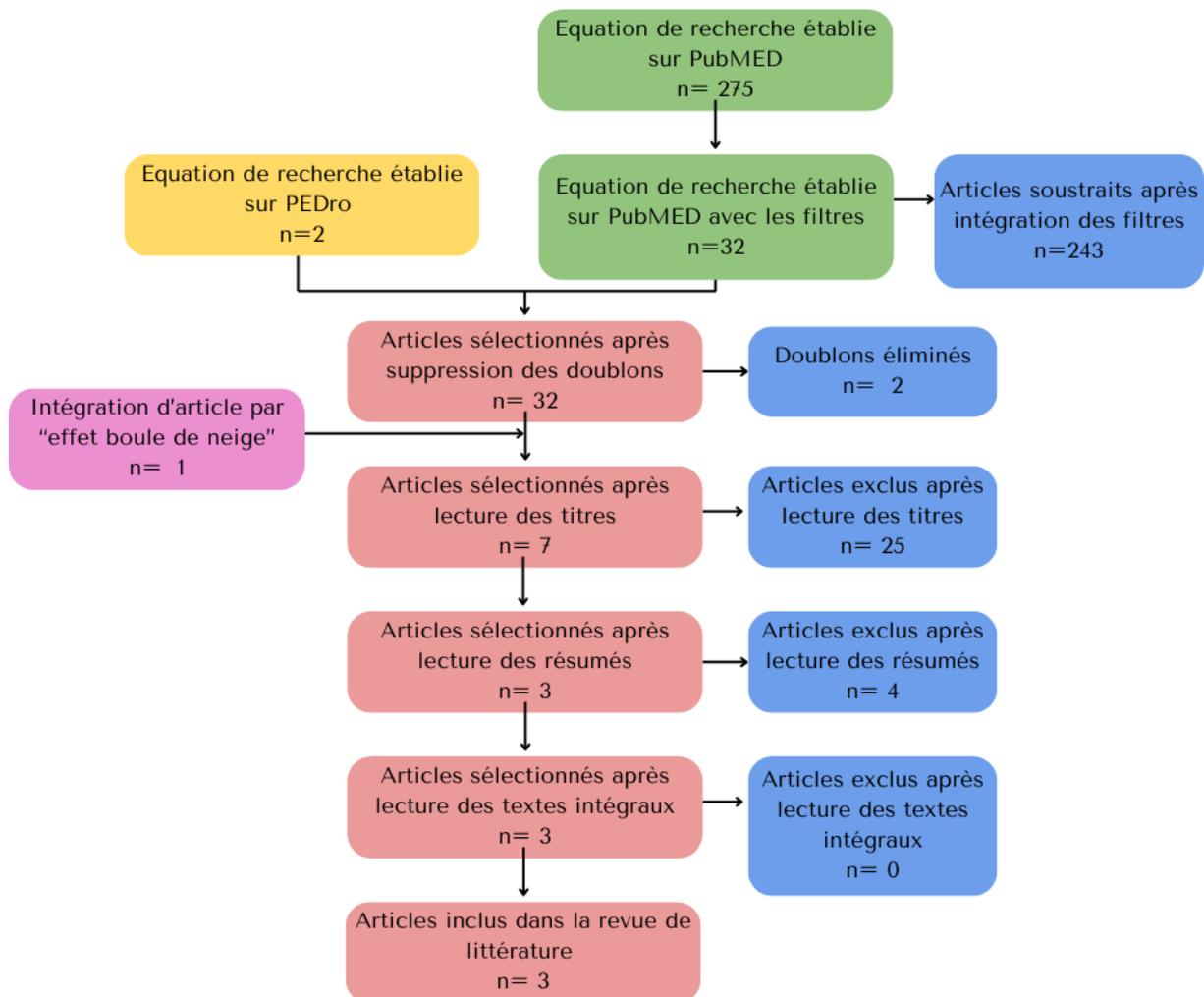


Figure 18 Diagramme de flux

3.1.2 Études exclues

En suivant la méthode de sélection expliquée précédemment, nous avons exclu au total 272 études de notre revue de littérature.

Comme il a été souligné sur le diagramme de flux, parmi les 32 études données par l'équation de recherche filtrée et l'article intégré par « effet boule de neige », seulement 7 études semblaient correspondre à la lecture des titres. Après lecture de l'abstract, nous n'avons retenu que 3 articles.

Les raisons des exclusions de ces 4 études ont été présentées sur le tableau XII.

Étude exclue	Raisons des exclusions
[Omar et al] [22]	Intervention : n'implique pas l'utilisation d'un outil virtuel
[Brown et al] [23]	Intervention : n'implique pas l'utilisation d'un outil virtuel Critère de jugement : ne prend pas en compte la récupération fonctionnelle mais la douleur et l'épithélialisation
[Okhovatian et al] [24]	Population : adulte Intervention : n'implique pas l'utilisation d'outil virtuel
[Parry et al] [25]	Intervention : traitement réalisé sur l'épaule uniquement

Tableau XII Les études exclues de notre revue après lecture de l'abstract

3.1.3 Etudes incluses

Après avoir exclu les articles cités et retirés les doublons, nous arrivons au compte de **3 articles** qui seront étudiés dans notre revue de littérature.

Le premier essai est un article réalisé par les auteurs Fatma Alzahraa H. Kamel, PhD, Maged A. Basha, PHB nommé : Effect of Virtual Reality and Task-Oriented Training on Hand Function and Activity Performance in Pediatric Hand Burn : A randomized Controlled Trial. Il s'agit d'un essai contrôlé randomisé paru en juin 2021. [26]

Le second article a été rédigé par les auteurs Ahmed F. Samhan, Nermeen M. Abdelhalim et Ragab K. Elnaggar nommé : Effects of interactive robot-enhanced hand rehabilitation in treatment of paediatric hand-burns : A randomized, controlled trial with 3-months follow-up. Il s'agit d'un essai contrôlé randomisé publié en janvier 2020. [27]

Enfin, le dernier article a été réalisé par les auteurs Khalaf Marran Khamees, Kolsoum Deldar, Omid Yazarlu, Alaa M Tuama, Raha Ganji, Seyed Reza Mazlom, Razieh Froutan. Le nom de l'article est le suivant : Effect of augmented reality-based rehabilitation of hand burns on hand function in children: a randomized controlled trial. Il s'agit d'un essai contrôlé randomisé paru en février 2024. [28]

Pour simplifier la distinction entre les 3 articles, nous les nommerons respectivement :

- Étude 1 = Kamel et al[26]
- Étude 2 = Sahman et al[27]
- Étude 3 = Khamees et al[28]

Nous avons conçu un tableau récapitulatif des caractéristiques majeures de chaque étude dans le but de simplifier la lecture des données de ces derniers :

Étude	Kamel et al <i>Jun 2021</i> <i>Score PEDro 7/10</i>		Sahman et al <i>Janvier 2020</i> <i>Score PEDro 7/10</i>	Khamees et al <i>Février 2024</i> <i>Score PEDro 8/10</i>
Schéma d'étude	Essai contrôlé randomisé		Essai contrôlé randomisé	Essai contrôlé randomisé
Population	n= 50 Age [7 ;14] Brûlure de la main et du poignet partielle ou totale <30 % de la surface corporelle		n= 36 Age [6 ;12] Brûlure de la main et du poignet partielle ou totale <30 % de la surface corporelle	n= 76 Age [8 ;14] Brûlure de la main au 2 ^{ème} ou 3 ^{ème} degrés <30 % de la surface corporelle
Intervention	Groupe TOT +10min/séance 3 fois par semaine Pendant 8 semaines Exercice avec du matériel spécifique évoluant avec l'évolution de l'enfant	Groupe Xbox +10min/séance 3 fois par semaine Pendant 8 semaines Exercice sous forme de jeux via Xbox Kinect	Groupe expérimental Rééducation traditionnelle identique au groupe témoin +30 minutes de pause +20min/ séance de programme interactif 3 fois par semaine Pendant 2 mois Programme interactif 5 min de ROM passive 5 min de ROM à assistance active 5 min de mouvements des doigts auto-initiés 5 min de jeu virtuel	Groupe expérimental Formation par le chercheur de 30 min + Exercice via le livret de rééducation de la main et de l'application mobile équipé d'AR.
Comparateur	40min/séance 3 fois par semaine Pendant 8 semaines de rééducation traditionnelle		1h/séance 3 fois par semaine Pendant 2 mois de rééducation traditionnelle	Formation par le chercheur + Rééducation classique

Critères de jugement	Principaux : JTHFT DHI COPM Secondaires : ROM La force de préhension Les forces de pincements	Principaux : ROM La force de préhension JTHFT Pas de critères secondaires	Principal : JTHFT Pas de critères secondaires
Réalisation des mesures des résultats	À J0 À 8 semaines	À J0 À 2 mois À 3 mois	À J0 À la sortie du patient À 1 mois après la sortie

Tableau XIII Tableau récapitulatif des caractéristiques de études incluses dans notre revue

3.1.3.1 Population :

Au total, l'ensemble de nos études comprennent 162 patients randomisés.

L'étude de [Kamel et al] comprend 50 patients âgés entre 7 et 14 ans ayant subi une brûlure thermique profonde aux mains qu'elle soit partielle ou totale. La brûlure impliquait moins de 30 % de la surface corporelle. L'article précise qu'il n'existe pas de différences significatives dans les données démographiques, les caractéristiques de l'enfant et dans les mesures effectuées en pré-interventions des 3 groupes.

Les patients étaient **inclus** dans l'étude s'ils venaient de sortir de soins de courte durée, sans complication et avec une cicatrisation soit spontanée en 1 mois soit après 2 semaines de greffes.

Les patients étaient **exclus** de l'étude s'ils souffraient[26] :

- D'une infection
- De blessures aux tendons
- De blessures musculaires,
- De fractures,
- De maladies dégénératives des articulations,
- De maladies des nerfs périphériques,
- D'arthrite juvénile,
- De troubles psychologiques et physiques préétablis (aphasie extrême, déficits cognitifs et développementaux pouvant influencer la rééducation).

Sur les 50 patients présents au début de l'étude, 17 ont été assignés au groupe Xbox, 16 ont été inclus dans le groupe TOT et 17 ont été placés dans le groupe témoin. Lors de l'analyse des résultats, on comptabilise 4 enfants exclus de l'étude (dont 2 du groupe TOT et 2 du groupe témoin) ce qui nous amène à **46 résultats analysés**.

Concernant l'étude de [Sahman et al], 36 enfants âgés de 6 à 12 ans ont été inclus. Ces enfants ont subi une brûlure de type thermique profonde partielle ou totale sur la main et le poignet <30 % de la surface corporelle totale. L'article souligne qu'il n'y a pas de différence significative concernant la répartition des participants en termes de sexe, âge, facteurs anthropométriques (poids, taille, IMC),

facteurs liés à la brûlure (étiologie, emplacement), séjour hospitalier et ancienneté de l'accident. Il n'y a également pas de différence significative dans les mesures réalisées au début de l'intervention.

Les patients pouvaient être **inclus** dans l'étude si : la prise en charge hospitalière était courte et que la cicatrisation a été spontanée (3-4 semaines) ou lorsqu'il y a eu la réalisation d'une greffe de peau (au moins 2 semaines avant).

Les critères d'exclusions sont les suivants[27] :

- Problème respiratoire persistant
- Signe d'infection de la brûlure
- Tendons exposés
- Trouble du développement et trouble cognitif
- Fracture
- Réadmission en urgence à l'hôpital

Au départ, 69 enfants ont été sélectionnés pour participer à l'étude. Après établissement des critères d'inclusion et d'exclusion, l'étude a exclu 33 enfants. Sur les 36 participants qui ont été randomisés dans les deux groupes, trois ont été perdus de vue ou ont interrompu le traitement. L'étude a donc **analysé les résultats de 33 sujets**.

Enfin, l'étude de [Khamees et al] comprenait au total 76 enfants âgés entre 8 et 14 ans présentant une brûlure au 2^{ème} ou au 3^{ème} degré et dont la surface corporelle totale atteinte est <30 %. Les patients ayant subi une greffe ont été inclus dans l'étude et ont commencé l'intervention 5 jours après la greffe et la poursuivaient jusqu'à 1 mois après la sortie. L'article ne mentionne pas d'autres **critères d'inclusions**.

L'étude **exclut** les participants s'ils présentent une des caractéristiques suivantes [28]:

- Ne se présente pas à l'hôpital pour les visites ou les changements de pansements.
- Aucune déformation ou troubles des mouvements des mains et des doigts.

Sur les 76 enfants sélectionnés au début de l'étude, 4 ont interrompu l'intervention du fait d'un suivi très tardif ou inexistant. L'examineur a donc **analysé les résultats de 72 enfants**.

3.1.3.2 Randomisation et conception d'essais :

L'essai de [Kamel et al] a décidé de répartir au hasard les 50 participants dans 3 groupes en exécutant une randomisation simple via des enveloppes opaques réparties aléatoirement. Cette randomisation a été réalisée par un physiothérapeute indépendant de l'étude.

L'étude de [Sahman et al], a divisé les 36 enfants en deux groupes avec un groupe témoin (n=18) et un groupe expérimental (n=18). La randomisation par bloc a été effectuée via un site web par un chercheur indépendant n'ayant pas participé à l'étude.

L'essai de [Khamees et al] a réparti les 76 enfants en deux groupes distincts (groupe expérimental n= 38 ; groupe témoin n=38) en effectuant une randomisation par bloc réalisé sur un logiciel par le statisticien de l'étude.

Pour les études de [Kamel et al] et de [Sahman et al], le consentement des tuteurs légaux des enfants a été obtenu avant l'inscription. Un comité d'éthique a ensuite validé que l'étude était conforme à la déclaration d'Helsinki.

L'étude de [Khamees et al] a été validée par un comité d'éthique et a respecté les principes de confidentialité et de consentement éclairé.

3.1.3.3 Intervention :

L'article de [Kamel et al] a divisé les participants en **3 groupes distincts** (dont deux groupes d'intervention) :

Le groupe TOT (formation orientée sur les tâches) a effectué des séances de 50 minutes, 3 fois par semaine pendant 8 semaines. En plus de la rééducation traditionnelle, les participants ont intégré un programme supplémentaire nécessitant la préparation de matériaux spécifiques évoluant avec l'amélioration de l'enfant. Nous retrouvons parmi le matériel déployé : des bandes d'exercices, des outils de coordination, des cubes de compétences, du mastic thérapeutique, des jeux de vis, des cylindres Velcro, des boutons, des vêtements, des cordes, des cuillères, des crayons, etc. [26]

Le groupe Xbox Kinect a effectué des séances de 50 minutes, 3 jours par semaine pendant 8 semaines. En plus de la rééducation traditionnelle, les participants de ce groupe ont utilisé des jeux via Xbox Kinect. Les jeux utilisés dans la réalisation de la rééducation de chaque enfant ont été soigneusement sélectionnés par un physiothérapeute en fonction de différentes caractéristiques, mais aussi de l'évolution et du niveau de performance du patient.

L'essai de [Sahman et al] a réparti les 33 enfants en 2 groupes indépendants :

Le groupe expérimental a effectué un programme interactif par jeu virtuel 30 minutes après avoir réalisé la rééducation classique. Ce programme interactif a été mis en place après chaque séance et a duré 20 minutes. Le groupe expérimental a donc réalisé 3 séances par semaine pendant 2 mois. Lors des séances, les enfants ont été surveillés par deux physiothérapeutes.

Ce programme interactif a été réalisé à l'aide d'un système robotisé. L'enfant porte des glissières au niveau des doigts qui vont permettre de mesurer la force développée par la main lors du programme.

Le programme interactif suivait le schéma suivant [27]:

- 5 minutes de ROM passive
- 5 minutes de ROM à assistance active
- 5 minutes de mouvements des doigts auto-initiés
- 5 minutes de jeu virtuel

Enfin, l'article de [Khamees et al] a partagé les 76 enfants en 2 groupes avec 1 groupe témoin et 1 groupe expérimental :

Le groupe expérimental a débuté l'intervention par une formation de 30 minutes en compagnie de leurs parents pour introduire l'application de réalité augmentée sur leurs téléphones mobiles. Les livrets pédagogiques disposant de la réalité augmentée leur ont été remis afin qu'ils puissent réaliser les exercices du livret à l'aide de l'application. Des clips vidéo ont été associés à

chaque schéma présent dans le livret. Lorsque l'enfant utilise le livret, il peut avoir accès aux vidéos via l'application équipé d'AR.

Les thérapeutes n'étaient pas présents lorsque les enfants utilisaient le livret, car l'étude a été menée sous un contexte pandémique (COVID-19). Cependant, l'article précise que les thérapeutes contactaient régulièrement les participants pour s'assurer de la bonne utilisation de l'application.

3.1.3.4 *Compareur :*

Concernant l'étude de [Kamel et al], le groupe de rééducation traditionnelle TR dit groupe témoin a effectué des séances de 40 minutes 3 fois par semaine pendant 8 semaines. Cette rééducation incluait : un bain de paraffine, un massage, des étirements, le travail de l'amplitude des mouvements, des mobilisations, un travail de la force de la main, une désensibilisation et de l'ergothérapie. [26]

À domicile, la rééducation se poursuivait. Les parents et enfants ont été impliqués et ils ont appris à se positionner contre les contractures, à faire un massage des cicatrices, des exercices, à utiliser des gants de compression et à réaliser de l'auto-rééducation.

Les 3 sous-groupes ont reçu un traitement de type rééducation traditionnel auquel s'ajoute la formation orientée sur les tâches pour le groupe 2 et Xbox Kinect pour le groupe 3. Le groupe témoin a reçu uniquement la rééducation traditionnelle.

La durée des séances des groupes 2 et 3 sont allongées de 10 minutes par rapport au groupe 1, mais la fréquence des séances et le temps de rééducation sont identiques entre chaque groupe.

Concernant l'étude de [Sahman et al], le groupe témoin a suivi un programme de rééducation de la main traditionnelle. Il a effectué des séances d'une heure, 3 fois par semaine, pendant 2 mois. Le déroulement du programme se présentait ainsi : 10 minutes de bain de paraffine, 5 minutes de massage, des mobilisations, un travail des amplitudes, des étirements, du renforcement et de l'ergothérapie. Lors des séances, les patients ont été placés sous la surveillance d'un physiothérapeute.[27]

Un programme de rééducation à domicile était également réalisé tous les deux jours. La famille et les enfants effectuaient les exercices en suivant le programme donné via les instructions écrites, illustratives et les séances de démonstrations. Ce programme est constitué de positionnement et d'attelle anti-contraction, d'un massage cicatriciel, d'exercices, d'application des gants de contention, ainsi que d'un entraînement fonctionnel.

Les 2 groupes ont reçu un traitement de rééducation de la main traditionnelle auquel s'ajoute le programme interactif dans le groupe expérimental.

Le groupe témoin réalise des séances d'1 heure, 3 fois par semaine pendant 2 mois tandis que le groupe expérimental va avoir des séances étendues de 20 minutes supplémentaires pour réaliser le programme robotisé.

Enfin, pour l'article de [Khamees et al], le groupe témoin a mené une rééducation identique à celle réalisée dans l'hôpital où l'étude a eu lieu. Elle se compose d'un livret pédagogique (simple, ne faisant pas intervenir la réalité augmentée) et d'une formation en face-à-face avec le chercheur.

Seul le groupe témoin a eu accès à la rééducation traditionnelle. Aucune information n'a été donnée concernant la fréquence et la durée des séances de rééducation que ce soit pour le groupe expérimental ou pour le groupe témoin. La rééducation est réalisée par les enfants en compagnie de leurs parents. L'étude a été menée sous un contexte de pandémie ne permettant pas aux thérapeutes d'être présent avec les enfants à chaque séance.

3.1.3.5 Critères de jugement :

3.1.3.5.1 Critère de jugement primaire :

L'étude de [Kamel et al] présente 3 critères de jugements principaux que sont :

- Le test fonctionnel de la main de Jebsen-Taylor (JTHFT)
- L'indice de la main de Duruoz (DHI)
- La mesure canadienne du rendement professionnel (COPM)

L'article de [Sahman et al] désigne 3 critères de jugements principaux :

- L'amplitude des mouvements (ROM)
- La force de préhension
- Le test de fonction manuelle de Jebsen-Taylor (JTHFT)

L'essai de [Khamees et al] présente 1 seul critère de jugement : Le test fonctionnel de Jebsen-Taylor.

JTHFT est un test validé et standardisé permettant d'évaluer les fonctions motrices de la main nécessaires aux activités de la vie quotidienne. Le test dure en moyenne 15 minutes et se divise en 7 sous-parties[29] :

- L'écriture
- Le retournement de carte de 3 x 5 pouces (simule l'activité : « tourner une page »)
- La prise de petits objets
- L'alimentation (en simulation)
- L'empilement de pion
- La prise de gros objets légers
- La prise de gros objets lourds

Ces différentes étapes devront être réalisées le plus rapidement possible et seront arrêtées par le thérapeute si elles durent plus de 2 minutes chacune. Le temps d'exécution de ces tâches détermine le score obtenu. Au plus, l'enfant sera rapide, au plus, le score sera meilleur. [29]

Ce test est réalisé à l'aide d'un chronomètre. Le résultat de l'enfant sera mesuré en seconde après-addition de toutes les sous-parties du test. [29]

DHI est une échelle composée de 18 items évaluant les limitations dans les AVQ. Seuls les items destinés aux enfants ont été pris en compte et ont été notés sur 6 points à l'aide d'une échelle de Lickert. Au plus, le score est élevé, au plus, la fonction de la main est déletère.

COPM est un test suivant l'évolution de la perception personnelle des enfants au fil du temps. Ce test est généralement utilisé lorsqu'un enfant présente des difficultés dans la réalisation des AVQ. Il comprend deux notes sur 10 points chacune (performance et satisfaction). L'enfant hiérarchise les AVQ en fonction de ses difficultés et évalue lui-même sa performance.

La ROM a été calculée à l'aide d'un goniomètre à doigt en acier portatif. La ROM active totale a été obtenue par la soustraction de la flexion active des doigts (MP, IPP et IPD) et du déficit d'extension.

La force de préhension a été quantifiée sur les deux mains. Elle a été mesurée à l'aide du dynamomètre JAMAR PLUS + dans la position recommandée par l'American Society of Hand Therapy.

3.1.3.5.2 Critère de jugement secondaire :

Dans l'article de [Kamel et al], les critères de jugements secondaires sont au nombre de 3 : l'amplitude de mouvement (ROM), la force de préhension et les forces de pincements (pointe, paume et pincement latéral). La mesure de la ROM a été réalisée via un goniomètre à doigt en acier portatif. La force de préhension a été évaluée à l'aide d'un dynamomètre hydraulique Jamar. Et enfin, la force de pincement a été mesuré grâce à un dynamomètre à pincement.

Les articles de [Sahman et al] et de [Khamees et al,] ne donnent aucun critère de jugement secondaire.

3.1.3.6 Conflits d'intérêt et financement :

L'étude de [Kamel et al] n'exprime pas la présence ou l'absence de conflits d'intérêts et de financement. Cependant, l'étude précise la liste des fournisseurs du matériel nécessaire pour la réalisation de l'intervention et des tests.

Les articles de [Sahman et al] et de [Khamees et al] déclarent ne pas avoir de conflits d'intérêt dans la réalisation de cette revue. En revanche, aucune information n'est précisée concernant le financement de l'étude dans l'essai de [Sahman et al] tandis que l'article de [Khamees et al] précise que cette recherche n'a obtenu aucune subvention qu'elle soit à but lucrative ou non-lucrative.

3.2 Risques de biais des études incluses

3.2.1 Grille d'analyse des biais : l'échelle de PEDro [21]

Étant donné que nous sommes face à trois essais contrôlés randomisés, nous allons utiliser l'**échelle PEDro** pour évaluer la qualité méthodologique de nos articles.

Comme nous avons pu l'expliquer précédemment, l'échelle PEDro est composée de 11 items (noté sur 10) permettant aux lecteurs de connaître la fiabilité et la validité des essais thérapeutiques. Un score compris entre 6/10 et 10/10 correspond à un haut niveau de qualité méthodologique. Cette échelle nous permettra de mettre en lumière les éventuels **biais** présents dans les études.⁴⁰

Ainsi, nous avons analysé chaque article en s'appuyant sur l'échelle PEDro. Nous avons vérifié à chaque item si ce dernier était présent dans l'article analysé et donc valide. Pour chaque item, nous avons noté la validation ou l'infirmité sur un tableau.

Étude	Items PEDro											Résultats		
	Validité externe	Validité interne									Résultats statistiques		Score Total	Score PEDro
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11			
[Kamel et al]	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✓	✓	✗	✓	✓	8/11	7/10	
[Sahman et al]	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✓	✓	✗	✓	✓	8/11	7/10	
[Khamees et al]	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✓	9/11	8/10	

Tableau XIV Tableau récapitulatif des items de l'échelle PEDro

Légende : ✓ = item validé ; ✗ = item invalidé

Item 1 « Les critères d'éligibilités ont été précisé. ». Cet item (ne faisant pas partie des items utilisés pour calculer le score PEDro) est validé pour les trois articles.

Item 2 « Les sujets ont été répartis aléatoirement dans les groupes (pour un essai croisé, l'ordre des traitements reçus par le sujet a été attribué aléatoirement) ». Cet item est validé pour les trois articles.

Item 3 « La répartition a respecté une assignation secrète ». Pour l'étude de [Kamel et al], l'item est validé, car ils ont utilisé des enveloppes opaques pour la répartition des participants.

Pour l'étude de [Sahman et al] et [Khamees et al], l'item est validé, car la répartition a été faite par bloc à l'aide d'un site WEB.

Item 4 « Les groupes étaient similaires au début de l'étude au regard des indicateurs pronostiques les plus importants ». L'item est validé pour les trois études. L'étude de [Kamel et al] précise que les mesures pré-interventions ne présentent pas de différences significatives entre les 3 groupes. L'étude de [Sahman et al] ne souligne pas de différence significative pour plusieurs paramètres entre les deux groupes (sexe, âge, facteurs anthropométriques, facteurs liés à la brûlure, séjour hospitalier et ancienneté de l'accident). L'essai de [Khamees et al] a précisé également que les groupes étaient

⁴⁰ [PEDro score – Strokengine](#) (consulté en mars 2024)

semblables que ce soit pour le sexe, l'âge, le poids, l'IMC, la durée de séjour et les caractéristiques de la brûlure.

Item 5 « *Tous les sujets étaient "en aveugle"* ». L'item est invalidé pour les trois articles. En effet, les sujets sont capables de faire la distinction entre les différents traitements appliqués pour chaque groupe.

Item 6 « *Tous les thérapeutes ayant administré le traitement étaient "en aveugle"* ». L'item est invalidé pour les études de [Kamel et al] et de [Sahman et al]. En effet, les thérapeutes appliquant les traitements étaient conscients du groupe auquel appartenait chaque enfant. L'article de [Khamees et al] est invalidé, car la rééducation n'est pas réalisée en compagnie d'un kinésithérapeute.

Item 7 « *Tous les examinateurs étaient "en aveugle" pour au moins un des critères de jugement essentiels* ». L'item est validé pour les trois études.

Item 8 « *Les mesures, pour au moins un des critères de jugement essentiels, ont été obtenues pour plus de 85 % des sujets initialement répartis dans les groupes* ». L'item est validé pour les trois études. En effet, pour l'article de [Kamel et al], sur les 50 enfants inclus, les mesures de 4 enfants (perdus de vue) n'ont pas été inclus (les mesures ont été réalisées pour 92 % des sujets). Pour l'étude de [Sahman et al], sur 36 enfants inclus, les mesures de 3 enfants ont été exclu de l'analyse (les mesures ont été réalisées pour 91,6 % des participants). L'essai de [Khamees et al] a exclu de l'analyse 4 enfants sur les 76 ayant participé à l'étude. Les mesures ont donc été effectuées pour 94,7 % des sujets).

Item 9 « *Tous les sujets pour lesquels les résultats étaient disponibles ont reçu le traitement ou ont suivi l'intervention contrôle conformément à leur répartition ou, quand cela n'a pas été le cas, les données d'au moins un des critères de jugement essentiels ont été analysées "en intention de traiter"* ».

Pour les articles de [Kamel et al] et de [Sahman et al], les données des participants ayant interrompu l'intervention n'ont pas été analysé dans les résultats. Cet item est donc invalidé pour ces deux études. L'item est validé pour l'étude de [Khamees et al] car, les mesures des enfants ont été analysées selon l'approche « en intention de traiter ».

Item 10 « *Les résultats de comparaisons statistiques intergroupe sont indiqués pour au moins un des critères de jugement essentiels* ». L'item est validé pour les trois études.

Item 11 « *Pour au moins un des critères de jugement essentiels, l'étude indique à la fois l'estimation des effets et l'estimation de la variabilité* ». L'item est validé pour les trois articles.

Nous avons donc obtenu un **score PEDro**:

- De 7/10 pour l'étude de [Kamel et al]
- De 7/10 pour l'article de [Sahman et al]
- De 8/10 pour l'étude de [Khamees et al]

Ainsi, ces scores permettent de présumer une **haute qualité méthodologique**.

Les **items 1, 2, 4, 8, 10 et 11** ont été validé par les trois études. Les **items 5 et 6** ont été invalidés pour les trois études, car la mise en aveugle des sujets et des thérapeutes semble compromise du fait que pour les participants, les enfants sont conscients s'ils sont face à un outil virtuel. De même, le thérapeute perçoit la présence ou l'absence de l'outil virtuel. **L'item 7** a été invalidé seulement pour l'article de [Khamees et al] tandis que ce dernier est le seul à valider **l'item 9**. Enfin, les **items 10 et 11** (validés par les trois études) nous assurent que l'interprétation des résultats de chaque étude est possible.

3.2.2 Synthèse des biais retrouvés sur l'échelle PEDro⁴¹

Comme expliqué précédemment, l'échelle PEDro nous permet d'évaluer la **fiabilité et la validité** des études incluses dans notre revue de littérature. Chaque item non respecté constitue un biais présent dans l'essai réalisé. Ainsi, en s'appuyant sur les items invalidés, elle nous permet d'extraire les biais inclus dans nos études.

La validité externe est mesurée par l'item 1 exclusivement.

La validité interne, quant à elle, est évaluée par les items allant de 2 à 9. Elle permet d'évaluer le biais de sélection (par l'intermédiaire des items 2, 3 et 4), le biais d'évaluation (par l'intermédiaire des items 5, 6 et 7) et les biais de suivi et d'attrition (grâce aux items 8 et 9).

Le biais de sélection n'apparaît sur aucun des trois articles. En effet, la répartition aléatoire, l'homogénéité des groupes de patients et l'assignation secrète ont été respectées. Le risque de biais est donc faible.

Le biais d'évaluation est présent sur les trois essais. En effet, les sujets et les thérapeutes ne sont pas mis « en aveugle » pendant l'intervention. Ils ont conscience du groupe auquel est assigné l'enfant. Cela peut entraîner un biais de performance pouvant affecter l'estimation d'effet par la sur- ou la sous-estimation de l'efficacité du traitement donné. Les examinateurs étant, pour les trois essais, « en aveugle », le biais de détection n'est pas présent. Le risque de biais d'évaluation est donc fort.

Le biais de suivi est absent pour l'ensemble de nos articles. En effet, les perdus de vue et les interruptions de traitement ont été signalés ce qui évite l'apparition de ce biais. **Le biais d'attrition**, quant à lui, est présent au sein de deux de nos études. Les patients ayant interrompu leurs interventions ou qui ont été perdus de vues dans les études de [Kamel et al] et de [Sahman et al], n'ont pas été inclus dans l'analyse. Leurs résultats n'ont pas été explorés ce qui génère le biais d'attrition. Ce biais n'est pas présent dans l'étude de [Khamees et al] car, l'analyse « en intention de traiter » a été réalisée.

Le tableau ci-dessous résume les biais présents au sein de nos études :

Études	Synthèse des biais			
	Biais de sélection	Biais d'évaluation	Biais de suivi	Biais d'attrition
[Kamel et al]	X	✓	X	✓
[Sahman et al]	X	✓	X	✓
[Khamees et al]	X	✓	X	X

Tableau XV Synthèses des biais retrouvés sur l'échelle PEDro

Légende : ✓ = Biais présent ; X = Biais absent

Nos trois articles présentent donc des biais, dont le **biais d'évaluation** qui semble inévitable du fait de la différence visible entre les traitements que ce soit pour les participants ou pour les

⁴¹ [Biases Archive - Catalogue des biais \(catalogofbias.org\)](https://biases.archive.org/) (consulté en avril 2024)

kinésithérapeutes. Le **bias d'attrition** pouvait être évité si l'analyse des résultats en « intention de traiter » avait été appliquée.

3.2.3 Grille d'analyse des biais : Risk of Bias Tool 2.0

L'**échelle de RoB** (Risk of Bias Tool 2.0) est un outil utilisé pour mesurer le risque de biais présent dans les essais contrôlés randomisés.

Après avoir inséré au sein de cette échelle toutes les informations nécessaires, nous avons obtenu les **risques de biais** suivant :

	Random sequence generation (selection bias)	Allocation concealment (selection bias)	Blinding of participants and personnel (performance bias)	Blinding of outcome assessment (detection bias)	Incomplete outcome data (attrition bias)	Selective reporting (reporting bias)	Other bias
Kamel FAH et al. 2021	+	+	-	+	+	+	?
Khamees KM et al. 2024	+	+	-	+	+	+	+
Sahman AF et al. 2020	+	+	-	+	+	+	?

Figure 19 Résumé des risques de biais sur « Risk of Bias Tool 2.0 »

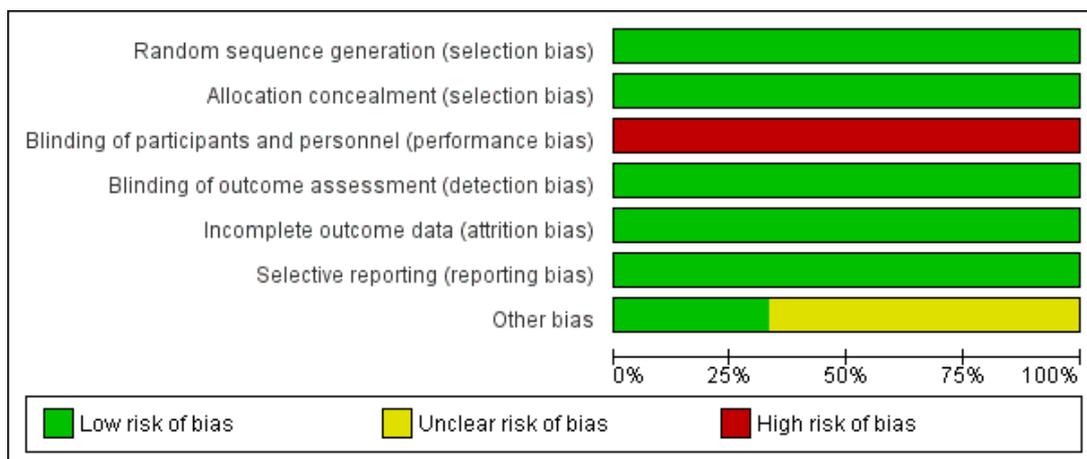


Figure 20 Graphique des risques de biais sur « Risk of Bias Tool 2.0 »

3.2.4 Synthèse des biais retrouvés sur l'échelle RoB

Au sein de notre revue, les ECR présentent un **risque de biais faible** pour les items :

- « **Random sequence génération (selection bias)** » qui correspond à la génération des séquences aléatoires. Elle a été réalisée dans chacune de nos études via une randomisation.
- « **Allocation concealment (Selection bias)** » signifiant la dissimulation d'allocation (assignation secrète). Elle a été respectée grâce à l'utilisation d'enveloppe opaque et de site WEB.

Ces deux items nous permettent de déclarer que le risque de biais de sélection est faible.

- « **Blinding of outcome assessment (detection bias)** » qui se traduit comme la mise en aveugle des évaluateurs des résultats. Elle a été effectuée par nos 3 ECR entraînant un risque faible de présence du biais de détection.
- « **Incomplete outcome data (attrition bias)** » correspondant au biais d'attrition. Il est faible, car aucune donnée n'a été manquante dans la construction de cette revue.
- « **Selective reporting (reporting bias)** » équivalent au biais de communication des données. Ce biais est faible pour l'ensemble de notre revue. Toutes les données nécessaires au développement de cette revue étaient disponibles sur des tableaux explicites.

L'échelle de RoB met en lumière **le biais de performance** présent dans nos trois ECR. En effet, les thérapeutes et les patients n'étant pas « en aveugle » sur le traitement donné, la surestimation du traitement par la thérapie virtuelle peut falsifier les résultats.

Ce résumé manifeste aussi un risque de biais incertain dans la section « others bias » pour les études de [Kamel et al] et de [Sahman et al]. Cela est dû à l'exclusion des résultats des patients qui ont interrompu l'intervention pour une quelconque raison. Ces deux études n'ont pas analysé les résultats selon la démarche « en intention de traiter » pouvant entraîner un biais.

Le « Risk of Bias Graph » souligne aussi le haut risque de biais de performance dans les trois études. Tout comme sur le résumé, nous remarquons que seulement **1 article sur 3** exprime un risque de biais faible dans la section « others bias ». Seul un article a réalisé une analyse de ces résultats selon la démarche « en intention de traiter ».

3.3 Analyse qualitative : effet de l'intervention

L'interprétation des résultats étant validée par l'échelle PEDro, nous avons réalisé une analyse intergroupe dans chaque étude dans le but d'obtenir l'interprétation la plus significative de nos résultats. Pour ce faire, différents paramètres ont été recherchés :

La valeur de p (p-value) correspond à la probabilité que les résultats de l'étude soient due au hasard. Le résultat est statistiquement significatif si la valeur de p est inférieure à 0,05. Dans ce cas, nous pouvons confirmer que les données ne sont pas dues à la fluctuation de l'échantillonnage. Une valeur de $p < 0,05$ nous permet d'interpréter la taille d'effet.

La taille d'effet est une estimation de l'effet du traitement réalisé dans l'étude. Elle permet de quantifier la différence entre le groupe d'intervention et le groupe contrôle. Elle prend en compte un critère de jugement et détermine s'il existe bel et bien une différence entre les deux groupes. La taille d'effet varie avec l'efficacité du traitement : au plus, la taille d'effet est grande, au plus, le traitement du groupe d'intervention aura un effet par rapport au groupe témoin. L'interprétation de la taille d'effet n'est possible qu'à deux conditions :

- Une valeur de $p < 0,05$
- Les bornes de l'intervalle de confiance ne passent pas par 0

L'intervalle de confiance à 95 % est un intervalle calculé à partir d'un échantillon de population permettant de définir les limites dans lesquelles les valeurs des résultats de notre étude sont probablement incluses. La probabilité que les valeurs soient incluses est à au moins 95 % de chances. Autrement dit, il y a 95 % de chance que les valeurs de notre échantillon soient situées entre ces intervalles. Pour que l'intervalle soit significativement interprétable, il faut que :

- Aucune des deux valeurs de l'intervalle ne passe par 0. En effet, si l'une des deux bornes indique « 0 », cela sous-entend que le traitement peut potentiellement avoir un effet nul.
- Les deux valeurs de l'intervalle soient proches l'une de l'autre. Au plus, les bornes sont proches, au plus la fiabilité des résultats et la représentation de la population réelle sont importantes. L'efficacité du traitement est alors connue de façon précise. Nous estimons, dans notre revue, que les bornes sont éloignées lorsqu'elles sont séparées de 30 secondes l'une de l'autre.

Lorsque la taille d'effet et l'intervalle de confiance à 95 % ne sont pas disponibles dans les articles, nous utiliserons un tableur Excel dans lequel nous inscrirons les données (en post-intervention et au suivi) du groupe expérimental et du groupe témoin. Au sein de ce tableur, nous inverserons les lignes correspondant au groupe témoin et au groupe d'intervention afin d'obtenir les résultats en négatif. Ces valeurs négatives nous permettront de mettre en lumière la diminution du temps de réalisation du test par le groupe expérimental sur le groupe témoin.

Le MCID (ou Minimal Clinically Important Difference) est la différence minimale cliniquement pertinente. Elle permet d'estimer si la taille d'effet obtenue est cliniquement significative. Lors des recherches réalisées dans la littérature, nous avons trouvé une valeur pour le MCID du test de Jebsen-Taylor. En revanche, cette valeur a été calculée pour le test réalisé sur des enfants atteints de paralysie cérébrale. Les valeurs données sont les suivantes⁴² :

- Pour le côté le plus atteint, la valeur du MCID est de 54,7 secondes
- Pour le côté le moins atteint, la valeur du MCID est de 20,9 secondes

La paralysie cérébrale étant une pathologie plus contraignante que la brûlure de la main, nous allons estimer le MCID du test de Jebsen-Taylor pour les brûlures de la main à partir de la valeur donnée pour le côté le moins affecté de la paralysie cérébrale.

Ainsi, au sein de notre revue, nous estimons que la différence minimale pour que les résultats soient cliniquement pertinents est de 10 secondes.

3.3.1 Critère de jugement

Le critère de jugement de cette revue est la récupération fonctionnelle de la main évaluée par le test fonctionnel de la main de Jebsen-Taylor. Ce test correspond également à l'un des critères de jugements principaux de nos trois études.

L'évaluation de l'effet de l'intervention de notre test nous permettra de déterminer si l'utilisation d'outils virtuels a un impact sur la fonction de la main par rapport à une rééducation classique.

3.3.1.1 Étude de [Kamel et al] :

Cette étude compare l'intégration du jeu virtuel que représente Xbox Kinect dans la rééducation par rapport à la rééducation classique, mais aussi par rapport à l'intérêt d'une rééducation orientée sur les tâches. L'étude s'est basée sur plusieurs critères de jugements notamment le JTHFT.

La taille d'effet, l'intervalle de confiance et la valeur de p, exposés sur le tableau ci-dessous, présentent les différences intergroupes après intervention entre le groupe Xbox et le groupe TR. Nous avons écarté le groupe TOT de notre analyse, car cette revue cible l'utilisation d'outils virtuels.

[Kamel et al]	Groupes	Pré-intervention	Post-intervention	Taille d'effet et intervalle de confiance à 95 % (Post-intervention)	Valeur de p
	Xbox (n= 17) TR (n= 15)				
JTHFT	Xbox	173,18 ± 14,7	131,53 ± 10,49	-26,74 [-38,21 ; -15,27]	<0,0001
	TR	181,33 ± 13,19	158,27 ± 14,43		

Tableau XVI Résultats de l'étude de [Kamel et al]

⁴² [Jebsen-Taylor Hand Function Test | RehabMeasures Database \(sralab.org\)](https://www.sralab.org/handbook/jebsen-taylor-hand-function-test) (consulté en avril 2024)

3.3.1.1.1 Interprétation des résultats :

La valeur de p a été récoltée dans l'étude et est égale à 0,0001. Cette valeur de p étant inférieure à 0,05, la probabilité que les résultats obtenus soient dus au hasard ou à la fluctuation de l'échantillon est peu plausible. Les résultats sont donc **statistiquement significatifs**.

La taille d'effet est de -26,7 secondes avec un intervalle de confiance à 95 % compris entre [-38,21 ; -15,27]. Étant donné que l'intervalle de confiance ne passe pas par 0, les résultats sont **statistiquement significatifs**.

L'intervalle de confiance présente des valeurs assez restreintes, car les bornes sont proches l'une de l'autre. L'extrapolation des résultats sur une population généralisée est assurée.

Nous remarquons que les bornes de l'intervalle de confiance sont en faveur du groupe expérimental. La taille d'effet (de -26,74 secondes) est supérieure à la valeur MCID estimé précédemment (10 secondes). Nos résultats sont donc considérés comme **cliniquement significatifs**.

3.3.1.2 Étude de [Sahman et al] :

Cette étude compare le jeu virtuel et la rééducation traditionnelle dans la récupération motrice de la main. Elle met en opposition deux groupes dont l'un reçoit (en plus de la rééducation classique) une rééducation par jeu virtuel robotisé. Plusieurs critères de jugements ont été soumis par l'étude. Nous nous focaliserons sur le JTHFT.

La taille d'effet, ainsi que l'intervalle de confiance à 95 % après intervention et au suivi ont été calculés et inscrits sur les tableaux suivants. Ces tableaux présentent donc les différences intergroupes après l'intervention (2 mois) et lors du suivi (1 mois après soit 3 mois après le début de l'intervention).

[Sahman et al]	Groupes	Pré-intervention	Post-intervention	Taille d'effet et intervalle de confiance à 95 %	Valeur de p
	Expérimental (n= 17)				
	Témoin (n=16)			(Post-intervention)	
JTHFT	Expérimental	185,35 ± 17,34	153,76 ± 15,82	-15,99	0,04
	Témoin	193,75 ± 12,45	169,75 ± 14,1	[-5,33 ; -26,65]	

Tableau XVII Résultats de l'étude de [Sahman et al] en post-intervention

[Sahman et al]	Groupes	Pré-intervention	Post-intervention +1 mois	Taille d'effet et intervalle de confiance à 95 %	Valeur de p
	Expérimental (n= 17)				
	Témoin (n=16)			(Suivi 3 mois)	
JTHFT	Expérimental	185,35 ± 17,34	138,59 ± 14,19	-13,54	0,023
	Témoin	193,75 ± 12,45	152,13 ± 15,07	[-3,15 ; -23,93]	

Tableau XVIII Résultats de l'étude de [Sahman et al] au suivi à 3 mois

3.3.1.2.1 Interprétation des résultats :

En post-intervention :

Nous notons :

- Une valeur de $p=0,04$
- Une taille d'effet de -15,99 secondes
- Un intervalle de confiance à 95 % [-5,33 ; -26,65]

La valeur de p étant inférieure à 0,05, nous pouvons affirmer que les résultats de l'étude ne dépendent pas du hasard ou de la fluctuation d'échantillonnage. Nous remarquons aussi que l'intervalle de confiance à 95 % ne passe pas par 0. Les résultats sont donc **statistiquement significatifs**.

Les bornes de notre intervalle de confiance sont espacées d'environ 21 secondes. Cela sous-entend que les bornes sont proches et que la généralisation du traitement sur une population mondiale peut octroyer les mêmes effets.

Les résultats sont également **cliniquement significatifs**, car les bornes de notre intervalle de confiance correspondent à des valeurs en faveur du traitement d'intervention. Aussi, la taille d'effet de -15,99 secondes confirme que les données sont **cliniquement significatives**, car elle est supérieure au MCID estimé de notre revue.

Au suivi 1 mois après l'intervention :

L'étude précise que la valeur de $p=0,023$. À l'aide du tableur Excel, nous avons mesuré la taille d'effet qui est de -13,54 secondes et l'intervalle de confiance à 95 % qui est compris entre [-3,15 ; -23,93].

Les résultats sont **statistiquement significatifs**, car la valeur de $p<0,05$ et que les bornes de notre intervalle ne passent pas par 0.

Les bornes de notre intervalle de confiance étant serrées, nous avons une certaine garantie concernant le succès du traitement sur une population plus importante.

Les résultats sont **cliniquement significatifs**, car l'intervalle de confiance est en faveur du traitement expérimental et que la taille d'effet est plus importante que le MCID estimé.

3.3.1.3 Étude de [Khamees et al] :

Cet article compare une intervention utilisant la réalité augmentée par rapport à une rééducation traditionnelle afin de déterminer si l'utilisation de la réalité augmentée permet d'obtenir une récupération fonctionnelle de la main plus importante. Les enfants ayant participé à l'essai ont été séparés en deux groupes dont l'un utilisait un livret pédagogique et une application incluant l'AR tandis que l'autre utilisait un livret pédagogique classique. Le seul critère de jugement pris en compte dans l'étude est le JTHFT.

La taille d'effet et l'intervalle de confiance à 95 % à la sortie de l'étude et 1 mois après la sortie ont été récoltés et notés sur les tableaux rédigés ci-dessous. Ces tableaux nous permettent donc de mettre en lumière les différences entre le groupe expérimental et le groupe témoin à la sortie de chaque enfant et 1 mois après leurs sorties.

[Khamees et al]	Groupes	Pré-intervention	Post-intervention	Taille d'effet et intervalle de confiance à 95 %	Valeur de p
	Expérimental (n= 36)				
	Témoin (n=36)			(Post-intervention)	
JTHFT	Expérimental	192,8 ± 13,9	162,8 ± 19,0	-8,2	0,002
	Témoin	185,4 ± 13,5	167,7 ± 13,7	[-15,0 ; -1,4]	

Tableau XIX Résultats de l'étude de [Khamees et al] en post intervention

[Khamees et al]	Groupes	Pré-intervention	Post-intervention +1 mois	Taille d'effet et intervalle de confiance à 95 %	Valeur de p
	Expérimental (n= 36)				
	Témoin (n=36)			(Suivi 1 mois après la sortie)	
JTHFT	Expérimental	192,8 ± 13,9	75,9 ± 18,2	-74,0	<0,001
	Témoin	185,4 ± 13,5	143,0 ± 40,0	[-88,8 ; -59,1]	

Tableau XX Résultats de l'étude de [Khamees et al] au suivi 1 mois après la sortie

3.3.1.3.1 Interprétation des résultats :

En post-intervention :

La probabilité que les résultats de l'article soient dus au hasard et à la fluctuation d'échantillonnage est faible, car la valeur de p (= 0,002) est inférieure à 0,05. Aussi, la taille d'effet est de -8,2 secondes et les bornes de notre intervalle de confiance [-15,0 ; -1,4] ne passent pas par 0. Ainsi, nous pouvons confirmer que les résultats sont **statistiquement significatifs**.

Les bornes de notre intervalle de confiance sont proches l'une de l'autre. La globalisation du traitement sur la population-cible aura un effet similaire aux résultats obtenus.

Cependant, nous remarquons que l'une des bornes de notre intervalle se rapproche du 0, cela signifie que le traitement expérimental peut avoir un effet proche de la rééducation traditionnelle, sans réel bénéfice.

Les bornes de notre intervalle sont, tout de même, en faveur du traitement du groupe expérimental. Or, la taille d'effet est inférieure à notre MCID estimé. Le résultat n'est donc **pas cliniquement significatif** malgré un intervalle de confiance en faveur du traitement.

Au suivi 1 mois après la sortie :

Nous relevons :

- Une valeur de p<0,001
- Une taille d'effet de -74,0 secondes
- Un intervalle de confiance à 95 % de [-88,8 ; -59,1]

La valeur de p et l'intervalle de confiance nous indiquent que les résultats sont **statistiquement significatifs**. En effet, la valeur de p<0,05 et les bornes de l'intervalle de confiance ne passent pas par 0.

Ces bornes ont la particularité de s'éloigner fortement de la valeur de 0 ce qui indique que l'effet du traitement expérimental domine l'effet du traitement traditionnel.

Ces bornes sont toutefois très rapprochées l'une de l'autre permettant de confirmer l'efficacité du traitement sur une population plus élargie.

Les bornes de notre intervalle de confiance indiquent également que les résultats sont **cliniquement significatifs**, car elles se positionnent en faveur du traitement du groupe d'intervention. Aussi, nous pouvons nous permettre d'affirmer que les données sont cliniquement significatives, car la taille d'effet est nettement supérieure à la valeur MCID estimé pour la revue.

3.4 Analyse quantitative : La méta-analyse

Au sein de cette revue de littérature, nous avons intégré 3 essais contrôlés randomisés comparant le traitement des brûlures de la main chez l'enfant via l'utilisation de matériels technologiques innovants en opposition à la rééducation conventionnelle.

La forte hétérogénéité entre nos articles est indéniable. L'essai de [Khamees et al] se distingue particulièrement par son caractère incomparable aux deux autres ECR de cette revue (*la liste des hétérogénéités présente entre les articles de cette revue est disponible dans la partie : « 4.1.1 Hétérogénéités des études »*).

Malgré les nombreuses différences que comptent les articles de [Kamel et al] et [Sahman et al], nous pouvons souligner certaines **ressemblances** :

Tout d'abord, les deux articles utilisent l'outil virtuel en adjuvant de la rééducation conventionnelle. Les différents soins prodigués dans la rééducation traditionnelle sont similaires entre nos deux essais ce qui nous permet d'affirmer que les différences potentiellement visibles entre eux seront dû au type d'outil virtuel utilisé.

La rééducation est réalisée à une fréquence identique pour tous les groupes qu'ils soient interventionnels ou témoins. En effet, tous les groupes ont procédé à des séances de rééducation 3 fois par semaine et ceci tout au long du traitement (soit 8 semaines pour [Kamel et al] et 2 mois pour [Sahman et al]).

Même si les protocoles d'interventions sont différents, on remarque une certaine ressemblance étant donné le niveau d'immersion dans le monde virtuel qu'entraînent Xbox Kinect et le jeu virtuel par assistance robotisé.

Les populations incluses au sein de nos études sont extrêmement ressemblantes. En effet, les enfants composant nos deux ECR sont âgés entre 6 ans et 14 ans. Ils ont tous subi une brûlure profonde au niveau de la main et du poignet avec une surface corporelle atteinte inférieure à 30 %. Aucune différence significative dans les caractéristiques des populations n'a été remarquée au sein de chaque groupe ce qui les rend comparables.

Ainsi, compte tenu des ressemblances retenues entre les articles de [Kamel et al] et [Sahman et al], nous sommes en mesure de réaliser **une analyse quantitative** de ces deux ECR. L'étude de [Khamees et al] ne sera pas intégrée à cette méta-analyse.

3.4.1 Le Forest Plot⁴³[30]

Dans le but d'effectuer une **analyse quantitative**, nous avons utilisé le logiciel REVMAN pour la création de notre forest plot. Afin de réaliser l'échelle de RoB (cf : « 3.2.3 Grille d'analyse des biais : Risk of Bias Tool 2.0) et le système GRADE (cf : « 4.3 Analyse du niveau de preuve des résultats : le système GRADE »), nous avons ajouté, dans le logiciel, les données de l'étude de [Khamees et al]. Ces données n'ont pas été utilisées pour la réalisation du **forest plot**.

Après avoir ajouté toutes les informations nécessaires à la réalisation de notre méta-analyse, le logiciel REVMAN nous permet de recueillir le forest plot suivant :

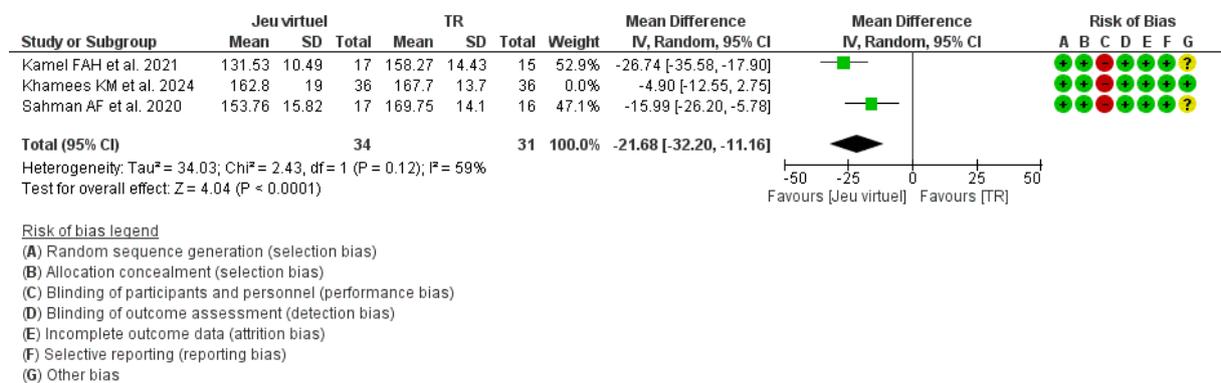


Figure 21 Forest plot sur les études de [Kamel et al] et de [Sahman et al]

Ce graphique en forêt inclut **deux études** de cette revue comparant la thérapie virtuelle avec la rééducation traditionnelle de la main brûlée chez l'enfant. Le forest plot établi correspond aux valeurs données en **post-intervention**, car aucun suivi n'a été effectué par l'étude de [Kamel et al]. La ligne des abscisses de ce graphique nous donne la taille d'effet tandis que l'axe des ordonnées représente l'absence d'effet.

Pour pouvoir réaliser, une méta-analyse, plusieurs **critères** étaient nécessaires :

- L'analyse qualitative démontrait que les résultats sont statistiquement significatifs
- Les études sont comparables
- Le critère de jugement est le même pour tous les articles de la méta-analyse

Nous avons, précédemment, affirmé que nos deux ECR étaient **statistiquement et cliniquement significatifs**. Aussi, le critère de jugement est le même pour nos deux études : **le JTHFT**.

⁴³ [Méta-analyse du Relative Log Survival \(hug.ch\)](https://www.hug.ch/) (consulté en avril 2024)

Concernant l'hétérogénéité, l'indicateur I^2 permet d'évaluer le pourcentage d'hétérogénéité existant dans nos études. **Les valeurs de l'indicateur I^2 varient tels que :**

- $I^2 \leq 25\%$ = Faible hétérogénéité
- $I^2 \leq 50\%$ = Hétérogénéité modérée
- $I^2 \leq 75\%$ = Forte hétérogénéité
- $I^2 > 75\%$ = Très forte hétérogénéité

Ici, l'indicateur I^2 est égal à **59 %** ce qui signifie qu'il y a une **forte hétérogénéité** entre nos deux ECR. Malgré cette forte hétérogénéité, nous avons décidé de réaliser cette méta-analyse, car les similarités de nos articles semblent assez pertinentes pour faire une analyse quantitative.

Sur le graphique en forêt, nous remarquons que :

- Les carrés (évoquant la taille de la population) sont de taille comparable
- Les intervalles de confiances ne passent pas par 0
- Le losange noir représente la **méta-analyse**. Il constitue l'effet moyen de notre méta-analyse. Autrement dit, c'est la moyenne des résultats de nos deux ECR. Ce losange est placé à gauche de l'axe des ordonnées ce qui veut dire que la méta-analyse confirme que les résultats sont en faveur du traitement « jeu virtuel » par rapport à la rééducation traditionnel.

Ainsi, pour le test fonctionnel de la main de Jepsen-Taylor, les résultats analysés sont **en faveur** du traitement par jeu virtuel. Toutefois, nous constatons que le forest plot émis ne comporte que deux études. Cela est engendré par le manque de littérature paru sur le sujet. Un **biais de publication** est suspecté, car nous supposons que d'autres essais sur le sujet ont été menés sans publication à la suite de résultats insatisfaisants.

3.5 Synthèse des résultats :

Dans cette revue de littérature, nous avons analysé les résultats de **137 enfants** sur les 162 présents au départ. Ces enfants, âgés entre 6 et 14 ans, ont subi une brûlure thermique au niveau de la main et du poignet (<30 % de la surface corporelle).

Les enfants ont été séparés en différents groupes de façon aléatoire (par randomisation simple ou en bloc). Ces groupes étaient homogènes et aucune distinction significative n'a été signalée.

Chaque enfant des études de [Kamel et al] et de [Sahman et al] a participé à des séances de rééducation 3 fois par semaine tout au long de l'étude tout en prenant part à une rééducation à domicile réalisée avec leurs parents. Les séances duraient entre 40 minutes et 1 h 20 en fonction de l'étude et du groupe d'appartenance de l'enfant. Pour l'article de [Khamees et al], la durée et la fréquence de rééducation n'ont pas été mentionnées. Étant donné le contexte pandémique de l'époque où l'étude a été entreprise, les séances de rééducation n'ont pas été faites par les kinésithérapeutes malgré un suivi régulier.

Les résultats obtenus sur notre critère de jugement (soit JTHFT) ont été analysés à l'aide des données inscrites sur les articles et calculé via un tableur.

Statistiquement, les articles ont apporté les preuves nécessaires pour assurer de la fiabilité de leurs résultats.

Cliniquement, après extraction de la taille d'effet et de l'intervalle de confiance à 95 %, pratiquement toutes les études montraient que l'amélioration de la fonction de la main était plus importante dans les groupes d'interventions par rapport aux groupes témoins. Seules les données de l'étude de [Khamees et al] en post-intervention n'ont pas permis d'affirmer que les résultats obtenus sont cliniquement significatifs.

Les études montrent donc des résultats globalement **statistiquement et cliniquement significatifs**. Les bornes des intervalles de confiances présentés sont étroites ce qui indique que l'efficacité du traitement dans ces études peut être généralisée sur une échelle plus grande.

Les résultats semblent **en faveur du traitement expérimental**. Néanmoins, la présence de biais, vérifié ou suspecté, nous amène à nous questionner sur la qualité de l'interprétation des résultats de cette revue.

4 Discussion

Cette revue de littérature a pour intention d'examiner l'intérêt de l'utilisation des nouvelles technologies dans la rééducation de la main brûlée en pédiatrie.

Afin de répondre à notre problématique, nous avons extrait les articles sur les bases de données scientifiques disponibles à l'aide d'une équation de recherche. Nous avons récolté les études susceptibles d'apporter un élément de réponse à notre problématique.

Au total, 3 essais contrôlés randomisés ont été inclus dans cette revue. Ces essais présentent un critère de jugement dont les résultats sont significatifs et vont pouvoir être analysés.

4.1 Analyses des principaux résultats

4.1.1 Hétérogénéités des études :

Avant d'analyser les résultats collectés, il est nécessaire de mettre en lumière **les hétérogénéités** présentes dans ces études.

Que ce soit dans l'article de [Kamel et al], l'étude de [Sahman et al] ou l'étude de [Khamees et al], les résultats obtenus sont **significatifs**. L'utilisation d'un outil virtuel semble apporter une amélioration dans la récupération fonctionnelle de la main.

Nous constatons, néanmoins, une **forte hétérogénéité** au sein de cette revue. **L'analyse qualitative** nous a permis d'examiner les résultats présentés précédemment. Les interventions réalisées dans chacune de nos études présentent peu de similarités. Malgré cela, les études de [Kamel et al] et de [Sahman et al] exposent certaines ressemblances (*cf*: « 3.4 Analyse quantitative : la méta-analyse ») qui nous ont amenés à fournir une **analyse quantitative** dans cette revue de littérature.

Nos trois ECR exposent certaines hétérogénéités que nous avons déterminées dans cette revue :

Tout d'abord, le **protocole d'intervention** expérimental est différent entre chaque essai :

- Dans l'article de [Kamel et al], le groupe expérimental utilise Xbox Kinect
- Dans l'étude de [Sahman et al], le groupe d'intervention utilise un jeu virtuel par assistance robotisée
- L'article de [Khamees et al] emploie un livret pédagogique associé à une application mobile servant de la réalité augmentée.

Xbox Kinect est un dispositif d'entraînement utilisé dans l'étude de [Kamel et al] pour reproduire une scène de rééducation virtuelle. Il utilise des capteurs qui vont enregistrer les mouvements de l'enfant et qui noteront sa performance.

Le jeu virtuel par robot assistance est un dispositif contenant des glissières de doigts qui vont répondre au programme interactif préétabli. Le dispositif peut être utilisé en passif et en actif.

Enfin, dans l'étude de [Khamees et al], les enfants ont eu accès à un **livret pédagogique** ainsi qu'à des vidéos expliquant les mouvements et exercices à réaliser. Une **application de réalité augmentée** a été développée et a permis d'effectuer les exercices.

L'hétérogénéité de nos études se détermine aussi par la **durée des séances de rééducation**. Dans les études de [Kamel et al] et de [Sahman et al], nous soulignons une différence de durée entre les séances des groupes expérimentaux, entre eux et avec les groupes témoins. La durée des séances, ainsi que leurs fréquences n'ont pas été précisées pour l'étude de [Khamees et al] le rendant incomparable aux autres études.

Aussi, les articles de notre revue ont sélectionné des enfants dont la **profondeur de la brûlure** est différente. Assurément, les essais de [Kamel et al] et de [Sahman et al] ont inclus des enfants dont les brûlures étaient profondes uniquement (3^{ème} degré) au niveau de la main et du poignet alors que l'article de [Khamees et al] inclut des enfants présentant des brûlures au 2^{ème} et 3^{ème} degrés sur la main. Cette différence peut jouer un rôle dans les résultats de notre étude et ne peut donc être comparée aux autres articles de cette revue.

Enfin, le **groupe contrôle** des articles de [Kamel et al] et de [Sahman et al] ont subi une intervention semblable alors que l'article de [Khamees et al] a réalisé une rééducation sur laquelle nous n'avons que peu d'informations. Ce manque de connaissances concernant le protocole de rééducation rend incomparables ces études.

Nous sommes donc, ici, face à une revue présentant de nombreuses hétérogénéités.

Il est également nécessaire de rappeler que la **qualité méthodologique** est primordiale dans la prise en considération des résultats. Au plus, la qualité méthodologique de nos articles présente un haut niveau de preuve, au plus, l'impact des résultats sera pertinent. **Les échelles de PEDro et de RoB** nous ont auparavant démontré la haute qualité méthodologique de nos essais malgré la présence de certains biais évitables et non-évitable comme l'absence de mise « en aveugle » des sujets et des kinésithérapeutes. Le risque de voir nos résultats falsifiés par la clairvoyance des thérapeutes et des participants persiste. L'absence d'analyse des résultats en « intention de traiter » entraîne un biais évitable qui décroît la qualité méthodologique des études de notre revue.

4.1.2 Limites des études :

La première limite que l'on souligne dans l'analyse de nos résultats est **l'effectif de participants** dans les études. La population totale analysée de notre revue comptabilise 137 enfants (on a respectivement 32, 33 et 72 enfants pour chaque article) ce qui représente une taille d'échantillon assez faible. Le nombre restreint de sujet limite la puissance de l'étude qui n'assure pas des résultats avec un effet similaire lors de la généralisation de la méthode sur la population-cible globale.

Étant donné que la taille d'effet dépend de l'effectif de la population, sa valeur peut fluctuer et donner une amélioration amoindrie.

D'autres limites à l'interprétation de nos résultats sont présentes telles que des **temps de rééducation inégaux** entre les groupes expérimentaux et les groupes témoins. Dans l'étude de [Kamel et al], le temps est étendu de 10 minutes pour le groupe expérimental et dans l'étude de [Sahman et al], le temps est rallongé de 20 minutes pour le groupe expérimental. Nous pouvons donc nous demander si les résultats auraient été similaires si les groupes expérimentaux et témoins avaient réalisé le même temps de rééducation.

L'article de [Khamees et al] ne donne aucune indication concernant les temps et la fréquence de rééducation des deux groupes. Nous ne pouvons donc pas nous assurer que tous les enfants ont reçu la même durée de traitement.

Aussi, notons que la sélection d'enfants dont la brûlure correspond à moins de **30 % de la surface corporelle** constitue une limite. La prise en charge de patients souffrant de brûlure > 30 % de la surface corporelle aurait nécessité une intervention plus longue et pourrait faire varier nos résultats.

D'autres limites dans l'analyse de nos résultats sont appréciables :

Dans l'étude de [Kamel et al], aucun suivi n'a été réalisé. Un suivi plusieurs mois après l'intervention nous aurait permis de constater si l'écart creusé entre le groupe Xbox et le groupe TR auraient évolué de façon positive ou négative.

La rééducation réalisée à la maison représente également une limite, car aucune surveillance de la part des kinésithérapeutes n'a été mise en place. Nous ne pouvons donc pas déterminer si les exercices ont été réalisés correctement et régulièrement ce qui peut compromettre nos résultats.

Aussi, aucune information n'est donnée concernant la régularité des patients aux séances. Nous ne savons pas si tous les enfants inclus dans les résultats ont été assidu ou si certains ont manqué des séances.

Enfin, l'intervention de Xbox Kinect n'a été intégrée qu'en adjuvant de la rééducation traditionnelle. Il aurait été intéressant de comparer l'utilisation isolée de l'outil virtuel par rapport à la rééducation traditionnelle pour estimer l'efficacité individuelle de l'équipement virtuel.

Dans l'étude de [Sahman et al], le suivi réalisé n'est pas suffisant pour s'assurer que l'écart entre les deux groupes est stable. Tout comme dans la première étude, un suivi à long terme nous aurait permis de confirmer que les différences obtenues dans nos résultats sont inchangées dans le temps.

Le jeu virtuel assisté par robot adopté dans l'étude ne permet pas d'effectuer de mouvement dans tous les degrés de liberté de la main. Le robot permet aux enfants de réaliser seulement des mouvements de flexion et d'extension des doigts. L'entraînement sur plusieurs plans pourrait permettre d'obtenir des résultats différents.

De même que pour l'article de [Kamel et al], aucune mention n'a été précisée concernant l'assiduité des enfants en séance. Nous n'avons pas de précision concernant l'inclusion ou l'exclusion de sujets qui n'étaient pas réguliers dans le traitement.

Enfin, tout comme l'essai de [Kamel et al], le jeu virtuel par robot assistance n'a pas été utilisé de façon isolée, mais seulement en adjuvant de la technique traditionnelle. Une observation de la récupération fonctionnelle de la main grâce à l'outil d'intervention seul nous aurait assuré son efficacité par rapport à la rééducation traditionnelle.

Dans l'article de [Khamees et al], le suivi des enfants, n'a pas été procédé à long terme. Les différences observées lors du suivi à court terme ne sont pas suffisantes pour assurer que l'utilisation de la réalité augmentée accroît la récupération fonctionnelle de la main dans le temps.

Enfin, l'étude s'étant déroulée pendant la période de pandémie de COVID-19, le suivi des patients n'a pas pu être réalisé dans les conditions voulues. Cela limite notre étude, car le manque de suivi peut avoir impacté les résultats de l'essai.

Ainsi, les preuves obtenues ne permettent pas de garantir la fiabilité des résultats interprétés. Les prochaines études qui seront réalisées devront prendre en compte ces limites pour obtenir des résultats plus concluants.

4.2 Critère de jugement : le test fonctionnel de la main de Jebsen-Taylor

Comme présentées dans la partie résultat, nous avons pu évaluer la taille d'effet ainsi que l'intervalle de confiance à 95 % de nos trois essais contrôlés randomisés.

Pour rappel, nous avons rapporté :

- **Dans l'article de [Kamel et al]**, nous avons obtenu en post-intervention une taille d'effet de -26,74 secondes avec un intervalle de confiance à 95 % compris entre [-38,21 ; -15,27]. La valeur de p est $< 0,0001$.
- **Dans l'article de [Sahman et al]**, nous avons acquis en post-intervention une taille d'effet de -15,99 secondes avec un intervalle de confiance à 95 % inclus entre [-5,33 ; -26,65]. La valeur de $p=0,04$.
En suivi à 1 mois après l'intervention, nous avons obtenu une taille d'effet de -13,54 secondes et un intervalle de confiance à 95 % entre [-3,15 ; -23,93]. La valeur de p est égale à 0,023.
- **Dans l'article de [Khamees et al]**, nous avons noté en post intervention une taille d'effet de -8,2 secondes et un intervalle de confiance à 95 % compris entre [-15,0 ; -1,4]. La valeur de p équivaut à 0,002.
Lors du suivi (1 mois après la sortie des sujets), nous avons relevé une taille d'effet de -74,0 secondes et un intervalle de confiance à 95 % contenu entre [-88,8 ; -59,1]. La valeur de $p<0,001$.

Les résultats des trois essais contrôlés randomisés sont **statistiquement et cliniquement significatifs**. En effet, la valeur de $p<0,05$ et l'intervalle de confiance ne passant pas par 0, permettent d'affirmer que les résultats sont statistiquement significatifs. Les résultats sont cliniquement significatifs, car les intervalles de confiance sont en faveur du traitement interventionnel et le MCID est validé pour pratiquement toutes les valeurs.

Nous précisons, cependant, que les résultats du test dans l'étude de [Khamees et al] en post-intervention **ne sont pas cliniquement significatifs**. Les bornes de l'intervalle de confiance dans ces résultats présentent **deux particularités** :

- Les bornes sont rapprochées l'une de l'autre. Cela amène à prévoir que l'efficacité de ce traitement sera similaire lors de son utilisation sur une population plus importante.
- L'une des bornes de l'intervalle de confiance est proche de 0. Cela révèle le risque d'obtenir des effets similaires au traitement du groupe témoin.

Nous pouvons donc nous attendre à ce que l'efficacité du traitement interventionnelle soit **similaire** au traitement classique lors de l'exploitation de celui-ci sur une plus grande échelle au début du traitement.

Ainsi, au vu des résultats obtenu au sein de ces trois essais, nous pouvons affirmer que sur un **faible échantillon**, il semble y avoir une amélioration de la récupération de la fonction de la main chez les enfants brûlés lors de l'utilisation de technologies innovantes par rapport à la rééducation standardisée. Sur un plus **grand échantillon**, nous pouvons attester l'efficacité des traitements observés dans cette revue. L'interprétation des résultats de l'étude de [Khamees et al] en post-intervention nous amène à nous questionner sur l'intérêt de ces interventions vis-à-vis de la rééducation traditionnelle.

4.3 Analyse du niveau de preuve des résultats : Le système GRADE⁴⁴⁴⁵

Cette revue de littérature comporte trois essais contrôlés randomisés amenant à un haut niveau de preuve. La qualité méthodologique de nos articles a déjà été démontrée grâce à l'échelle PEDro avec un résultat de 7/10 pour l'article de [Kamel et al], un résultat de 7/10 pour l'article de [Sahman et al] et de 8/10 pour [Khamees et al].

Dans l'intention d'apprécier **la qualité des données scientifiques de cette revue**, nous avons décidé d'utiliser le système GRADE.

Le système GRADE (ou Grading of Recommendations Assessment, Development and Evaluation working group) est un système de classification permettant d'identifier le niveau de preuve des résultats obtenus pour chaque critère de jugement (et non pour chaque étude) dans notre revue de littérature. Au plus, le critère de jugement recevra un niveau de gradation élevé, au plus, le niveau de preuve sera important.

Il existe 4 gradations différentes :

- **Élevé**= Il est très probable que le résultat obtenu soit équivalent au résultat réel
- **Modéré**= Il est probable que le résultat obtenu soit équivalent au résultat réel
- **Faible**= Il existe une probabilité limitée que le résultat obtenu soit équivalent au résultat réel
- **Très faible**= Il est peu probable que le résultat obtenu soit équivalent au résultat réel

Le système GRADE permet de fournir une approche systémique dans le but d'établir les **recommandations de pratique clinique**.

La gradation dépend de plusieurs paramètres qui vont amener le niveau de preuve à **diminuer** (risques de biais, imprécision, incohérence) ou à **augmenter** (grande amplitude de l'effet, gradient dose-réponse, toute confusion résiduelle qui diminuerait l'ampleur de l'effet).

Dans le cadre de cette revue de littérature, les articles dans lesquels nous avons analysé notre critère de jugement (JTHFT) sont des essais contrôlés randomisés. Cela engendre le plus haut niveau de

⁴⁴[GRADE | Cochrane Canada francophone](#)(consulté en avril 2024)

⁴⁵[Qu'est-ce que GRADE ? | Meilleures pratiques du BMJ](#)(consulté en avril 2024)

preuve existant. Néanmoins, le niveau de preuve de notre critère diminue compte tenu de différents paramètres :

- La présence de biais important (biais d'évaluation et de suivi) démontrée auparavant
- L'imprécision étant donné l'échantillon réduit
- L'hétérogénéité des études ne permettant pas d'obtenir des résultats comparables

Ainsi, nous avons suivi les différentes étapes sur le logiciel GRADE pro dans le but de déterminer le grade de notre revue. Les résultats obtenus dans le logiciel sont les suivants :

Évaluation de la certitude							Nbre; de patients		Effet		Certitude
Nbre; d'études	Devis d'étude	Risque de biais	Incohérence	Caractère indirect	Imprécision	Autres considérations	Diminution du temps de réalisation de JTHFT	placebo	Relatif (95% CI)	Absolu (95% CI)	
Jeu virtuel vs TR											
2	essai randomisé	sérieux	non sérieux	sérieux	très sérieux	biais de publication fortement suspecté	34	31	-	MD 21.68 inférieure (32.2 inférieure à 11.16 inférieure)	⊕○○○ Très faible

DM: différence moyenne; IC: intervalle de confiance

Tableau XXI Récapitulatif des résultats du logiciel GRADE pro

Nous avons pris en compte seulement deux articles puisque nous ne pouvons pas comparer l'article de [Khamees et al] aux autres études de cette revue littéraire.

Nous avons considéré le **risque de biais** « sérieux » à la suite des risques de biais observés grâce aux échelles PEDro et RoB. En effet, nous avons globalement peu de biais présents dans les études, mais, le niveau des biais retrouvé est assez haut ce qui amène à le déterminer comme « sérieux ».

L'**incohérence** a été considérée comme « non-sérieuse », car les résultats des deux études ont montré qu'ils étaient en faveur de la thérapie par le jeu virtuel.

Le **caractère indirect** est considéré comme « sérieux », car les interventions dans les deux ECR sont différentes. Cependant, malgré une forte hétérogénéité, nous avons pu réaliser une méta-analyse ce qui nous permet de ne pas considérer le caractère indirect comme « très sérieux ».

L'**imprécision** est notée comme « très sérieuse » car la taille de notre échantillon est très faible. Les échantillons de faibles densités accroissent l'imprécision des résultats. C'est le marqueur le plus sérieux que nous avons pu déceler.

Le **biais de publication** est fortement suspecté, car nous avons extrait que très peu d'articles concernant notre sujet. Nous soupçonnons que des études traitant notre problématique ont déjà été menées, mais que des résultats insatisfaisants ont amené les auteurs à ne pas publier leurs études.

Ainsi, notre revue de littérature présente un grade « **Très faible** » se traduisant par : « Il existe une probabilité très faible que le résultat reçu soit semblable au résultat réel. ». L'échelon « Très faible » semble avoir été appuyé par le caractère « très sérieux » de l'imprécision et le nombre d'articles réduit de notre revue.

L'étude de [Khamees et al] n'ayant pas été évalué sur le logiciel GRADE pro, nous avons décidé de réaliser son évaluation à part :

Facteurs	Description des facteurs	Niveau de qualité de départ
Type d'étude	ECR	Élevé
Facteurs régressent le niveau de qualité des données scientifiques de l'étude	Risque de biais	Sérieux (-1)
	Incohérence : hétérogénéités des résultats	Non-sérieux (0)
	Caractère indirect des données	Très sérieux (-2)
	Imprécision	Très sérieux (-2)
	Biais de publication	Fortement suspecté (-1)

Tableau XXII Evaluation du niveau de preuve de l'étude de [Khamees et al]

Nous avons comparé cette étude aux deux autres ECR de notre revue. Le **risque de biais** est « sérieux », car les échelles de PEDro et RoB ont mis en valeur la présence de biais qui ne sont pas majoritaire. Nous n'avons donc pas considéré le niveau de qualité de départ comme « très sérieux ». **L'incohérence** coche la case « non-sérieux », car les résultats de nos trois études sont en faveur du groupe expérimental. En revanche, le **caractère indirect** des données et **l'imprécision** ont été évalués comme « Très sérieux ». En effet, cet article se détache, de nos autres études, par son intervention présentant peu de similarités avec ces dernières. L'imprécision est due à la taille de notre échantillon considéré comme faible. Enfin, le **biais de publication** est suspecté pour les raisons données auparavant.

Par conséquent, nous accordons à cette étude le grade « **Très faible** » qui signifie que la probabilité que les résultats obtenus dans l'étude soient identiques sur une plus grande échelle est très faible.

4.4 Analyse de l'applicabilité des résultats

Les études analysées précédemment ont prouvé l'intérêt de l'utilisation de jeu virtuel dans la récupération fonctionnelle de la main chez les enfants brûlés. Dans l'intention de généraliser sur une plus grande échelle les traitements étudiés à la population pédiatrique, il est nécessaire de mettre en présence les différentes contraintes et risques que cette généralisation pourrait engendrer.

4.4.1 Coût financier :

4.4.1.1 Pour les thérapeutes :

Xbox Kinect et le jeu virtuel par robot assistance utilisent la réalité virtuelle pour permettre aux sujets d'être en immersion dans un décor programmé expressément pour la séance de rééducation. La principale contrainte pour ces types de traitement est le prix. En effet, ce sont des dispositifs onéreux ce qui peut freiner certains thérapeutes dans l'achat de ces outils.

L'application de réalité augmentée est un dispositif plus abordable. Étant donné que les résultats obtenus quant à la récupération de la fonction de la main sont similaires, cela représente une bonne alternative.

4.4.1.2 *Pour les patients*

Tout comme pour les thérapeutes, l'achat d'une Xbox Kinect ou d'un jeu virtuel par robot assistance peuvent être onéreux pour les parents d'enfants brûlés à la main.

Tout comme pour les thérapeutes, l'application de réalité augmentée est un dispositif plus abordable. C'est donc également une bonne alternative à la réalité virtuelle plus coûteuse et dont les résultats dans la récupération de la fonction de la main sont ressemblants.

4.4.2 Contraintes temporelles et matérielles possibles :

4.4.2.1 *Pour les thérapeutes :*

La mise en place du jeu virtuel par robot assistance présente peu de contraintes. En effet, il s'agit d'un dispositif ne nécessitant pas de formation particulière. L'installation de Xbox Kinect peut sembler contraignante car le thérapeute doit faire évoluer les jeux avec le gain fonctionnel de l'enfant. Cela peut être une contrainte temporelle pour les kinésithérapeutes qui ne sont pas initiés à cet équipement. Aussi, l'association de la rééducation par Xbox Kinect ou par jeu virtuel robot assisté étend les séances de rééducation ce qui peut limiter le thérapeute.

Le dispositif de réalité augmentée nécessite une formation ce qui peut contraindre le praticien. Cependant, le temps de rééducation peut être identique à celui de la rééducation traditionnelle n'imposant pas un élargissement de la séance.

4.4.2.2 *Pour les patients :*

La mise en place des dispositifs Xbox Kinect et du jeu virtuel par robot assistance sont ludiques, intuitifs et peu contraignants. Le temps de rééducation étant plus long par rapport à la rééducation traditionnelle, cela peut sembler chronophage pour les parents et les enfants.

Le dispositif de réalité augmentée est simple d'utilisation, mais nécessite tout de même une formation. Cela peut paraître contraignant même si le temps de rééducation reste inchangé par rapport à la rééducation traditionnelle.

4.4.3 Effets secondaires indésirables dans les essais :

Dans cette revue de littérature, aucun effet indésirable n'a été souligné par les auteurs des articles. Les enfants inclus dans l'étude semblent donc avoir bien intégré les traitements qu'ils soient expérimentaux ou témoins. Les auteurs de l'étude de [Kamel et al] précisent même (sans mesure particulière) que les enfants du groupe expérimental étaient plus motivés et semblaient faire moins face à de la kinésiophobie.

4.5 Limites et biais de cette revue de littérature

4.5.1 Les limites de la revue :

Nous pouvons souligner différentes limites dans cette revue de littérature :

Tout d'abord, la **sélection des études** peut-être incomplète par la recherche d'articles uniquement sur PubMed et PEDro. En effet, seulement deux bases de données ont été utilisées pour réaliser cette revue. L'utilisation d'autres bases de données aurait potentiellement permis d'obtenir plus de résultats.

L'équation de recherche que nous avons inscrite dans nos bases de données peut être mauvaise et ne pas donner les articles en lien avec notre question. Malgré la volonté de développer la meilleure équation possible, il est probable qu'elle n'ait pas donné tous les articles concernés. Cela se confirme d'autant plus qu'un des articles de notre revue a été obtenu par « effet boule de neige » et n'a pas été trouvé via l'équation de recherche.

L'utilisation des filtres après l'insertion de notre équation de recherche sur PubMed peut également fausser notre sélection d'articles. En effet, nous sommes peut-être passés à côté d'études (autre qu'un essai contrôlé randomisé ou un essai clinique) pouvant être intégré dans notre revue de littérature.

Aussi, **le nombre d'articles** dans cette revue de littérature est très faible. En effet, nous n'avons pu intégrer que 3 articles entraînant une puissance statistique trop basse et des résultats peu précis. Les résultats obtenus ne sont donc pas suffisants pour déterminer si l'impact des outils virtuels est réel sur une population globale.

La langue de nos articles constitue également une limite. Assurément, en ayant intégré uniquement des articles en anglais, des erreurs de traduction, de compréhension et d'analyses sont fortement probables.

L'hétérogénéité des études incluses est une limite notable dans notre revue. Comme expliqué auparavant, les interventions n'étant pas similaires, la fiabilité de notre conclusion est limitée. Cela constitue une limite majeure de notre revue. En effet, la sélection d'articles incomparables ne nous permet pas de donner une conclusion fiable sur l'intérêt des traitements présentés.

Enfin, cette revue a été réalisée dans le cadre d'un **mémoire de fin d'étude**. Cela engendre des biais de sélection et d'interprétation par l'unique évaluateur de la revue. Il est possible que l'élaboration de la question de recherche, le choix des mots-clés, l'interprétation des résultats soit faussée, car il s'agit d'une première expérience.

4.5.2 Biais potentiels ⁴⁶⁴⁷

Dans le cadre de l'estimation de la qualité méthodologique de notre revue, nous avons utilisé **la grille de lecture standardisée AMSTAR-2** traduite en français (voir annexe 4).

AMSTAR-2 est un outil permettant d'examiner les revues systématiques composées d'essais contrôlés randomisés. C'est la version la plus récente de l'outil s'appuyant davantage sur des données concluantes. Cela permet de réaliser une estimation rapide et reproductible de la qualité des revues de littératures.

Il est composé de 16 items auxquels il faudra répondre :

- Oui
- Partiellement oui
- Non

Aucune note est attendu par la grille AMSTAR-2 et un guide d'utilisation est disponible pour assister les évaluateurs dans l'utilisation de cet outil.

Afin de synthétiser les réponses données sur notre revue de littérature par la grille AMSTAR-2, nous avons élaborés un tableau contenant les items, les réponses et les commentaires potentielles de l'évaluatrice.

Item	Énoncé	Réponse	Commentaire
1	Est-ce que les questions de recherche et les critères d'inclusion de la revue ont inclus les critères PICO ?	OUI	
2	Est-ce que le rapport de la revue contenait une déclaration explicite indiquant que la méthode de la revue a été établie avant de conduire la revue ? Est-ce que le rapport justifiait toute déviation significative par rapport au protocole ?	Partiellement oui	La méthodologie de la revue a été établie avant sa conception. Cependant, la sélection des études a été reprise en cours de route.
3	Les auteurs ont-ils expliqué leur choix de schémas d'étude à inclure dans la revue ?	OUI	
4	Les auteurs ont-ils utilisé une stratégie de recherche documentaire exhaustive ?	Partiellement oui	Pas de recherche effectuée dans la littérature grise
5	Les auteurs ont-ils effectué en double la sélection des études ?	NON	Réalisation en individuelle d'un mémoire de fin d'étude
6	Les auteurs ont-ils effectué en double l'extraction des données ?	NON	Réalisation en individuelle d'un mémoire de fin d'étude
7	Les auteurs ont-ils fourni une liste des études exclues et justifié les exclusions ?	Partiellement oui	La liste exhaustive des articles exclus est disponible uniquement pour les articles dont l'abstract a été lu.
8	Les auteurs, ont-ils décrit les études incluses de manière suffisamment détaillée ?	OUI	

⁴⁶ [AMSTAR - Évaluation de la qualité méthodologique des revues systématiques](#)(consulté en avril 2024)

⁴⁷ [AMSTAR-2 : traduction française de l'échelle de qualité méthodologique pour les revues de littérature systématiques \(univ-amu.fr\)](#) (consulté en avril 2024)

9	Les auteurs, ont-ils utilisé une technique satisfaisante pour évaluer le risque de biais des études individuelles incluses dans la revue ?	OUI	
10	Les auteurs, ont-ils indiqué les sources de financement des études incluses dans la revue ?	Partiellement oui	Nous n'avons pas cherché à connaître les financements s'ils n'étaient pas précisés dans les articles.
11	Si une méta-analyse a été effectuée, les auteurs ont-ils utilisé des méthodes appropriées pour la combinaison statistique des résultats ?	OUI	
12	Si une méta-analyse a été effectuée, les auteurs ont-ils évalué l'impact potentiel des risques de biais des études individuelles sur les résultats de la méta-analyse ou d'une autre synthèse des preuves ?	OUI	
13	Les auteurs ont-ils pris en compte le risque de biais des études individuelles lors de l'interprétation/de la discussion des résultats de la revue ?	OUI	
14	Les auteurs ont-ils fourni une explication satisfaisante pour toute hétérogénéité observée dans les résultats de la revue, et une discussion sur celle-ci ?	OUI	
15	S'ils ont réalisé une synthèse quantitative, les auteurs ont-ils mené une évaluation adéquate des biais de publication (biais de petite étude) et ont discuté de son impact probable sur les résultats de la revue ?	OUI	
16	Les auteurs ont-ils rapporté toute source potentielle de conflit d'intérêts, y compris tout financement reçu pour réaliser la revue ?	OUI	

Tableau XXIII Tableau récapitulatif des réponses à la grille AMSTAR-2

Comme le démontre le tableau ci-dessus, l'AMSTAR-2 nous a permis d'évaluer notre revue de littérature et de mettre en évidence les biais apparents dans cette dernière.

Les items 1, 3, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 15 et 16 ont été parfaitement respectés dans cette revue de littérature.

L'item 2 a été partiellement respecté, car aucune déclaration préalable n'a été réalisée bien que la méthode ait été construite avant le début de la revue. De plus, un article a été intégré après le début de la confection de la revue.

L'item 4 est partiellement validé, car les recherches ont été effectuées sur deux bases de données seulement. Nous aurions pu essayer de récolter des articles sur d'autres bases de données ou au sein de la littérature grise.

Les items 5 et 6 n'ont pas été validés, car cette revue a été réalisée dans le cadre d'un mémoire de fin d'étude. Par conséquent, cette revue a été effectuée par une seule personne. La réalisation de cette revue par deux auteurs aurait probablement permis de donner plus d'ampleur et d'obtenir des résultats plus précis ce qui augmenterait sa significativité.

L'item 7 est partiellement validé, car la liste exhaustive des articles exclus n'a pas été donnée. En revanche la liste exhaustive des articles exclus après lecture de l'abstract est disponible.

L'item 10 est partiellement validé, car nous n'avons pas recherché s'il existait des sources de financement en dehors de ce que les auteurs ont exprimés. La fiabilité de notre étude peut donc être affectée par un conflit d'intérêt ou un financement externe.

4.6 Conflit d'intérêt

L'autrice de cette revue de littérature ne déclare aucun conflit d'intérêt. Aucun financement n'a été perçu à l'intention de la rédaction de cette revue dans le cadre de son mémoire de fin d'étude.

6 Conclusion

Dans cette revue de littérature, nous avons cherché à déterminer l'intérêt de l'utilisation des outils virtuels dans la récupération fonctionnelle de la main chez les enfants brûlés. Au travers de trois essais contrôlés randomisés, nous avons tenté d'obtenir une réponse à cette question.

6.1 Implication pour la pratique clinique

Ces trois essais semblent montrer qu'effectivement la thérapie par un outil virtuel améliore la récupération fonctionnelle chez les enfants ayant subi une brûlure à la main. Cependant, de nombreux facteurs diminuent la fiabilité de notre revue.

En effet, la forte hétérogénéité de nos études nous limite dans la réponse à notre question clinique. Nous sommes face à 3 interventions distinctes que ce soit dans l'interaction avec l'enfant, l'applicabilité du jeu, le coût financier et matériel.

L'échantillon de population observé est très faible. Nous ne pouvons donc pas garantir que les résultats seront identiques sur une plus grande échelle.

La présence de biais fort réduit le niveau de preuve de notre revue de littérature. Le système GRADE dégrade la certitude que les résultats obtenus seront les mêmes sur une population plus importante.

Néanmoins, aucun de nos 3 articles n'a mis en évidence un effet délétère sur la récupération fonctionnelle de la main.

6.2 Implication pour la recherche

Ce qui nous a le plus marqué lorsque nous avons commencé à rédiger cette revue est le manque de littérature. En effet, malgré de nombreuses recherches, seulement trois articles sont ressortis.

Cela s'explique notamment par l'arrivée extrêmement récente d'équipements virtuels dans notre profession. L'article le plus ancien de notre revue a été publié en juin 2020 tandis que le dernier article sélectionné est sorti en février 2024. Nous pouvons donc nous attendre à la publication d'articles répondant à notre question clinique dans les années à venir.

Notons également que les échantillons de population inclus dans chaque étude sont faibles ce qui limite fortement notre revue. Tel qu'indiqué dans l'introduction, les brûlures de la main chez l'enfant arrivent couramment et représentent un risque majeur de perte fonctionnelle au niveau du membre. Il semble donc important que d'autres études avec des échantillons plus grands soient réalisées afin de mettre en évidence l'intérêt de ces innovations dans cette pathologie.

Les prochaines recherches devront également tenir compte de l'évolution à long terme des participants aux essais afin de déterminer si l'efficacité du traitement d'intervention perdure dans le temps.

Pour finir, l'intérêt de la rééducation par le jeu virtuel sur les brûlures de la main chez l'enfant semble prometteur, mais nécessite que d'autres recherches soient menées afin de certifier son efficacité. En

effet, les outils virtuels font, aujourd'hui, partie intégrante de nos vies et sont quotidiennement améliorés. Tout comme notre profession, ces équipements sont en évolution constante et peuvent être un atout lorsque les manœuvres classiques semblent en échec. L'utilisation d'outils virtuels a déjà fait ses preuves pour d'autres troubles ce qui nous amène à penser que les kinésithérapeutes de demain seront amenés à voir leurs professions transformées par le numérique et l'intégration de ces équipements.

7 Bibliographie

- [1] P. Kamina. Anatomie générale. vol. 1. 2ème Edition. 1990.
- [2] P. Kamina. Ostéologie des membres. vol. 2. 2ème Edition. 1991.
- [3] P. Kamina, J-P. Francke. Arthrologie des membres . vol. 4. 2ème Edition. 1994.
- [4] Anatomie de l'appareil locomoteur. 2 Membre superieur by Michel Dufour n.d.
- [5] P. Kamina, Y. Rideau. Myologie des membres et bilans musculaires. vol. 3. 2ème Edition. 1997.
- [6] P. Kamina. L'essentiel en anatomie. 2013.
- [7] TOTORA, DERRICKSON. Anatomie et physiologie humaines. 6ème Edition. 2022.
- [8] P. Kamina, J-J. Santini. Nerfs des membres et coupes des membres . vol. 6. 2ème Edition. 1996.
- [9] Physiopathologie de la brûlure. n.d.
- [10] Burgess M, Valdera F, Varon D, Kankuri E, Nuutila K. The Immune and Regenerative Response to Burn Injury. *Cells* 2022;11.
- [11] Kangal MKO, Regan J-P. Wound Healing. *StatPearls* 2023.
- [12] Plancq MC, Goffinet L, Duquennoy-Martinot V. Les spécificités de la brûlure chez l'enfant. *Annales de Chirurgie Plastique Esthétique* 2016;61:568–77.
- [13] Conti E. Les brûlures de la main chez l'enfant. *Chir Main* 2013;32:S63–71.
- [14] Van Zuijlen PPM, Kreis RW, Vloemans AFPM, Groenevelt F, Mackie DP. The prognostic factors regarding long-term functional outcome of full-thickness hand burns. *Burns* 1999;25:709–14.
- [15] Da Silva M, Din L, Le Gall S, Seguier R, Zemirline A. Utilisation de la réalité virtuelle pour l'auto-rééducation de la main. *Hand Surg Rehabil* 2023;42:657.
- [16] Management of burns of the hands in children - PubMed n.d.
- [17] Piette P, Pasquier J. Réalité virtuelle et rééducation. *Kinésithérapie, La Revue* 2012;12:38–41.
- [18] Taghian A, Abo-Zahhad M, Sayed MS, Abd El-Malek AH. Virtual and augmented reality in biomedical engineering. *Biomed Eng Online* 2023;22.
- [19] Le développement des réalités augmentée et virtuelle en santé | Université Paris-Saclay n.d.
- [20] Amber M, Benkhaled M, Pincemail M, Verebi E, Claude I. Apports et limites de la réalité virtuelle dans les pratiques médicales en 2020. *IRBM News* 2021;42:100325.
- [21] Échelle PEDro-Français. n.d.
- [22] Omar MTA, Hegazy FA, Mokashi SP. Influences of purposeful activity versus rote exercise on improving pain and hand function in pediatric burn. *Burns* 2012;38:261–8.
- [23] Brown NJ, Kimble RM, Rodger S, Ware RS, Cuttle L. Play and heal: randomized controlled trial of Ditto™ intervention efficacy on improving re-epithelialization in pediatric burns. *Burns* 2014;40:204–13.
- [24] Okhovatian F, Zoubine N. A comparison between two burn rehabilitation protocols. *Burns* 2007;33:429–34.
- [25] Parry I, Painting L, Bagley A, Kawada J, Molitor F, Sen S, et al. A Pilot Prospective Randomized Control Trial Comparing Exercises Using Videogame Therapy to Standard Physical Therapy: 6 Months Follow-Up. *J Burn Care Res* 2015;36:534–44.
- [26] Kamel FAH, Basha MA. Effects of Virtual Reality and Task-Oriented Training on Hand Function and Activity Performance in Pediatric Hand Burns: A Randomized Controlled Trial. *Arch Phys Med Rehabil* 2021;102:1059–66.
- [27] Samhan AF, Abdelhalim NM, Elnaggar RK. Effects of interactive robot-enhanced hand rehabilitation in treatment of paediatric hand-burns: A randomized, controlled trial with 3-months follow-up. *Burns* 2020;46:1347–55.

- [28] Khamees KM, Deldar K, Yazarlu O, Tuama AM, Ganji R, Mazlom SR, et al. Effect of augmented reality-based rehabilitation of hand burns on hand function in children: A randomized controlled trial. *J Hand Ther* 2024.
- [29] Fabbri B, Berardi A, Tofani M, Panuccio F, Ruotolo I, Sellitto G, et al. A systematic review of the psychometric properties of the Jebsen–Taylor Hand Function Test (JTHFT). *Hand Surg Rehabil* 2021;40:560–7.
- [30] Coulm B. L’essentiel sur les méta-analyses. *Sages-Femmes* 2022;21:51–5.

8 Annexes

Annexe 1 : Tableau résumant les caractéristiques et évolution de la brûlure

Annexe 2 : Schéma des degrés de gravité d'une brûlure

Annexe 3 : Echelle de PEDro

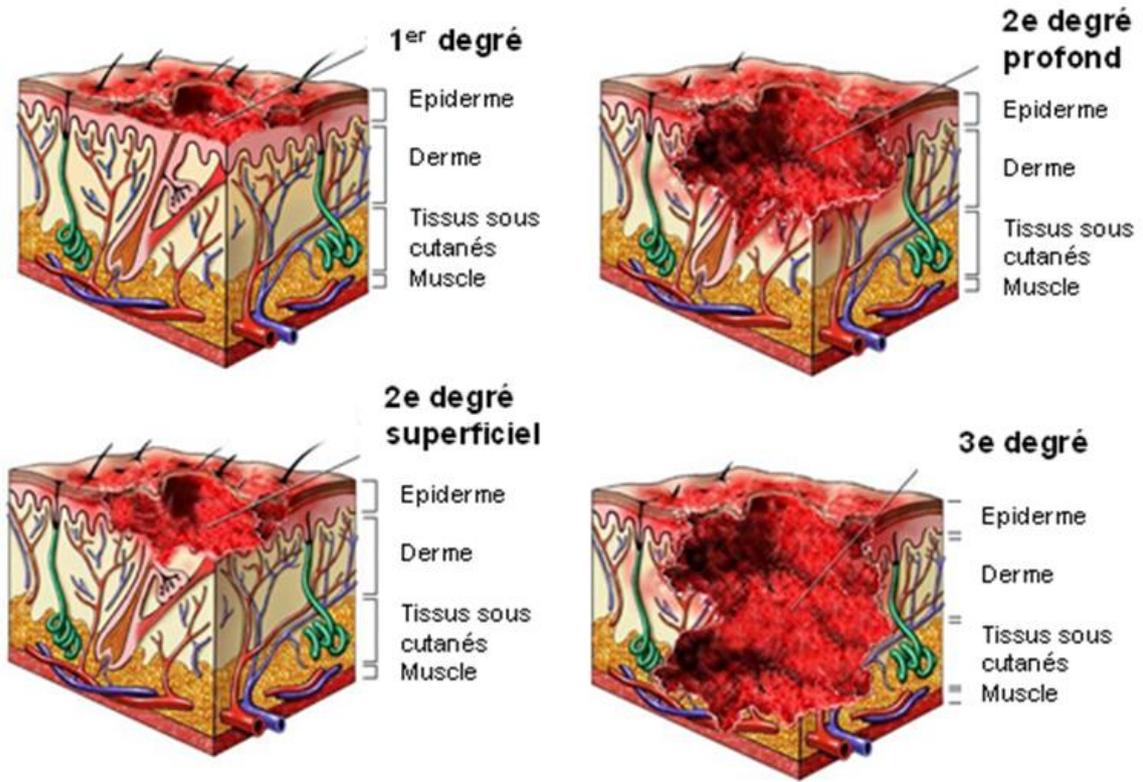
Annexe 4 : Items de la grille AMSTAR-2

Annexe 1 : Tableau résumant les caractéristiques et évolution de la brûlure

Profondeur	Caractéristiques	Evolution – traitement – séquelles
1 ^{er} degré	Atteinte de l'épiderme uniquement Rougeur et douleur importante Exemple type: «le coup de soleil»	Desquamation après quelques jours Guérison complète en quatre à cinq jours traitement toujours conservateur Pas de séquelles
2 ^e degré superficiel	Atteinte de l'épiderme et du derme superficiel Vésicules ou phlyctènes plus ou moins importantes en général non rompues (du moins les premiers jours) En cas de rupture des phlyctènes: fond de plaie rouge, humide et très sensible au toucher Douleurs, les poils tiennent bien	Guérison spontanée en 12 à 15 jours sauf si aggravation secondaire (par ex. infection) Séquelles minimales (irrégularité de la peau et discoloration) Evolution possible vers une cicatrice hypertrophique avec troubles fonctionnels et cosmétiques
2 ^e degré profond	Atteinte jusqu'au derme profond Phlyctènes rompues Fond de la plaie sec, rosé ou blanc, les poils ne tiennent plus Peu ou pas de douleur Peu ou pas de saignement en cas de ponction avec une aiguille fine	Cicatrisation spontanée impossible sauf si la surface est très limitée (guérison par rétraction des bords → risque important de troubles fonctionnels et cosmétiques) Greffe de peau généralement nécessaire ainsi qu'un suivi à long terme de la cicatrice
3 ^e degré	Atteinte de toutes les couches de la peau et même parfois des structures sous-jacentes Peau cartonnée, blanche, sèche ou carbonisée Pas de douleurs ou de saignement	Traitement chirurgical Suivi des cicatrices à long terme

Annexe 2 : Schéma des degrés de gravité d'une brûlure

Profondeur des brûlures



Annexe 3 : Echelle de PEDro

Échelle PEDro – Français

1. les critères d'éligibilité ont été précisés	non <input type="checkbox"/>	oui <input type="checkbox"/>	où:
2. les sujets ont été répartis aléatoirement dans les groupes (pour un essai croisé, l'ordre des traitements reçus par les sujets a été attribué aléatoirement)	non <input type="checkbox"/>	oui <input type="checkbox"/>	où:
3. la répartition a respecté une assignation secrète	non <input type="checkbox"/>	oui <input type="checkbox"/>	où:
4. les groupes étaient similaires au début de l'étude au regard des indicateurs pronostiques les plus importants	non <input type="checkbox"/>	oui <input type="checkbox"/>	où:
5. tous les sujets étaient "en aveugle"	non <input type="checkbox"/>	oui <input type="checkbox"/>	où:
6. tous les thérapeutes ayant administré le traitement étaient "en aveugle"	non <input type="checkbox"/>	oui <input type="checkbox"/>	où:
7. tous les examinateurs étaient "en aveugle" pour au moins un des critères de jugement essentiels	non <input type="checkbox"/>	oui <input type="checkbox"/>	où:
8. les mesures, pour au moins un des critères de jugement essentiels, ont été obtenues pour plus de 85% des sujets initialement répartis dans les groupes	non <input type="checkbox"/>	oui <input type="checkbox"/>	où:
9. tous les sujets pour lesquels les résultats étaient disponibles ont reçu le traitement ou ont suivi l'intervention contrôle conformément à leur répartition ou, quand cela n'a pas été le cas, les données d'au moins un des critères de jugement essentiels ont été analysées "en intention de traiter"	non <input type="checkbox"/>	oui <input type="checkbox"/>	où:
10. les résultats des comparaisons statistiques intergroupes sont indiqués pour au moins un des critères de jugement essentiels	non <input type="checkbox"/>	oui <input type="checkbox"/>	où:
11. pour au moins un des critères de jugement essentiels, l'étude indique à la fois l'estimation des effets et l'estimation de leur variabilité	non <input type="checkbox"/>	oui <input type="checkbox"/>	où:

Annexe 4 : Items de la grille AMSTAR-2

Tableau I. Traduction française de AMSTAR-2.

Items	Cotation
1	Est-ce que les questions de recherche et les critères d'inclusion de la revue ont inclus les critères PICO ?
2	Est-ce que le rapport de la revue contenait une déclaration explicite indiquant que la méthode de la revue a été établie avant de conduire la revue ? Est-ce que le rapport justifiait toute déviation significative par rapport au protocole ?
3	Les auteurs ont-ils expliqué leur choix de schémas d'étude à inclure dans la revue ?
4	Les auteurs ont-ils utilisé une stratégie de recherche documentaire exhaustive ?
5	Les auteurs ont-ils effectué en double la sélection des études ?
6	Les auteurs ont-ils effectuée en double l'extraction des données ?
7	Les auteurs ont-ils fourni une liste des études exclues et justifié les exclusions ?
8	Les auteurs ont-ils décrit les études incluses de manière suffisamment détaillée ?
9	Les auteurs ont-ils utilisé une technique satisfaisante pour évaluer le risque de biais des études individuelles incluses dans la revue ?
10	Les auteurs ont-ils indiqué les sources de financement des études incluses dans la revue ?
11	Si une méta-analyse a été effectuée, les auteurs ont-ils utilisé des méthodes appropriées pour la combinaison statistique des résultats ?
12	Si une méta-analyse a été effectuée, les auteurs ont-ils évalué l'impact potentiel des risques de biais des études individuelles sur les résultats de la méta-analyse ou d'une autre synthèse des preuves ?
13	Les auteurs ont-ils pris en compte le risque de biais des études individuelles lors de l'interprétation / de la discussion des résultats de la revue ?
14	Les auteurs ont-ils fourni une explication satisfaisante pour toute hétérogénéité observée dans les résultats de la revue, et une discussion sur celle-ci ?
15	S'ils ont réalisé une synthèse quantitative, les auteurs ont-ils mené une évaluation adéquate des biais de publication (biais de petite étude) et ont discuté de son impact probable sur les résultats de la revue ?
16	Les auteurs ont-ils rapporté toute source potentielle de conflit d'intérêts, y compris tout financement reçu pour réaliser la revue ?

Titre (en français) : L'intérêt de l'utilisation d'équipements virtuels dans la récupération fonctionnelle de la main chez les brûlés pédiatriques : Une méta-analyse

Titre (en anglais) : The benefit of using virtual equipment in the functional recovery of the hand in pediatric burn patients: A meta-analysis

Nombre de pages (avec les annexes) : 76

Directeur du Mémoire : Mme VULLO Marion

Résumé (en français) (en minuscule) : **Introduction :** La main est une région complexe dont la brûlure est un problème de santé publique majeur chez l'enfant. La rééducation est primordiale afin d'assurer une récupération fonctionnelle optimale. Les outils virtuels dans notre profession sont de plus en plus présents et amènent les kinésithérapeutes à faire évoluer leurs pratiques. **Objectif :** Cette revue de littérature met en lumière l'intérêt de l'application d'équipements virtuels dans la récupération fonctionnelle de la main à la suite d'une brûlure en pédiatrie. **Méthode :** Des recherches ont été réalisées afin de sélectionner les études en lien avec notre équation de recherche. En somme, trois essais contrôlés randomisés ont été sélectionnés. Ces trois articles ont répondu aux critères d'éligibilités de notre revue et leurs résultats ont pu être analysés. **Résultat :** Sur les 162 enfants intégrés dans la revue, nous avons pu analyser les résultats de 137 enfants. La synthèse qualitative de notre revue a démontré la significativité clinique et statistique des résultats de chaque étude concernant la récupération fonctionnelle de la main évaluée par le test fonctionnel de la main de Jebsen-Taylor. La méta-analyse nous a permis d'affirmer que les résultats de nos études sont en faveur du traitement employant des équipements virtuels. **Discussion :** Les publications sur l'utilisation d'outils virtuels dans la rééducation de la main brûlée en pédiatrie sont peu nombreuses limitant l'interprétation des résultats de notre revue. Les hétérogénéités, les tailles d'échantillons et le manque de publication ne nous garantissent pas la reproductibilité des résultats sur une population plus vaste. **Conclusion :** Au sein de cette revue, l'utilisation d'équipements virtuels n'a pas donné de preuves relativement solides pour affirmer son efficacité. D'autres études sont à entreprendre pour objectiver l'intérêt de son utilisation dans cette pathologie.

Résumé (en anglais) (en minuscule) : **Introduction:** The hand is a complex region and burns are a major public health problem in children. Rehabilitation is essential to ensure optimal functional recovery. Virtual tools are increasingly present in our profession, leading physiotherapists to evolve their practice. **Objective:** This literature review highlights the value of the application of virtual devices in the functional recovery of the hand after burn injury in pediatrics. **Method:** Searches were conducted to select studies relevant to our research question. Three randomized controlled trials were selected. These three articles met the eligibility criteria of the review and their results were analyzed. Results: Of the 162 children included in the review, we were able to analyze the outcomes of 137 children. The qualitative synthesis of our review demonstrated the clinical and statistical significance of the results of each study regarding functional recovery of the hand as assessed by the Jebsen-Taylor Hand Function Test. The meta-analysis allowed us to confirm that the results of our studies are in favor of treatment with virtual devices. **Discussion:** Publications on the use of virtual tools in the rehabilitation of the burned hand in pediatrics are scarce, which limits the interpretation of the results of our review. Heterogeneity, sample size and lack of publications do not guarantee the reproducibility of the results in a larger population. **Conclusion:** Within the scope of this review, the use of virtual equipment did not provide relatively strong evidence for its efficacy. Further studies are needed to objectify the value of its use in this pathology.

Mots clés (en français) (en minuscule) : Pédiatrie, Main, Brûlure, Outils virtuels, Essai contrôlé randomisé

Mots clés (en anglais) (en minuscule) : Pediatrics, Hand, Burn, Virtual tools, Randomized controlled trial