

UNIVERSITÉ DE LILLE
UFR3S-MÉDECINE
Année : 2025

**THÈSE POUR LE DIPLÔME D'ÉTAT
DE DOCTEUR EN MÉDECINE**

**Intérêt de la technique par restriction de flux sanguin en médecine physique
et de réadaptation : une revue systématique de la littérature**

Présentée et soutenue publiquement le 31 octobre 2025
à 18 heures au pôle recherche
par Constantin GISSEROT

JURY

Président :

Monsieur le Professeur Vincent TIFFREAU

Assesseurs :

Monsieur le Docteur Maxime PIVOT

Monsieur le Docteur Clément DUCHEINE

Directeur de thèse :

Madame le Docteur Valérie WIECZOREK

Avertissement

La Faculté n'entend donner aucune approbation aux opinions émises dans les thèses : celles-ci sont propres à leurs auteurs.

Sigles

10MWT	Test de marche de 10 m
1MSTST	Test du assis-debout pendant 1 min
1RM	Répétition maximale
30SSTST	Assis-debout pendant 30 secondes
30SKBT	Squats unipodaux pendant 30 secondes
40MWT	Test de marche de 40 m
5TSTST	Test de 5 répétitions assis-debout
AOP	Pression d'occlusion artérielle
AVC	Accident vasculaire cérébral
BBT	Berg balance test (test d'équilibre)
BC	Bras contrôle
BI	Bras intervention
BM	Blessé médullaire
BPCO	Bronchopneumopathie chronique obstructive
BPCO P-E	BPCO post-exacerbation
CAT	Echelle de qualité de vie chez les BPCO
CC	Chirurgie cardiaque
CRQ	Echelle de qualité de vie chez l'insuffisant respiratoire chronique
CRT	Test du lever de chaise
CSA	Surface musculaire de section transversale
CV	Compliance veineuse
CVF	Capacité vitale forcée
DASH	Score de retentissement fonctionnel des déficiences au membre supérieur
DC	Débit cardiaque
DLCO	Capacité de diffusion du monoxyde de carbone dans les poumons
DVM	Débit veineux maximal

EMG	Electromyogramme
EN	Echelle numérique de la douleur
EQ-5D-5L	Echelle de qualité de vie
EVA	Echelle visuelle analogique de la douleur
F	Femme
FC	Fréquence cardiaque
FCR	Fréquence cardiaque de réserve
FEVG	Fraction d'éjection du ventricule gauche
FMA-LE	Echelle de Fugl-Meyer appliquée au membre inférieur (échelle fonctionnelle)
FMI	Force maximale isométrique
FPC	Fracture de Pouteau-Colles
FSS	Echelle d'évaluation globale du retentissement de la fatigue
FTI	Fibres musculaires de type I (fibres lentes)
FTII	Fibres musculaires de type II (fibres rapides)
G	Groupe
GA	Gonarthrose
GC	Groupe contrôle
GH	Hormone de croissance
GI	Groupe intervention
GROC	Echelle de qualité de vie
H	Homme
H⁺	Ions hydrogènes
HAD	Echelle d'anxiété et de dépression
HADS	Echelle de dépression et anxiété
HAS	Haute autorité de santé
HGF/c-Met	Facteur de croissance hépatocytaire/Facteur de transition épithélio-mésenchymateuse
HIF-1α	Facteur 1-alpha inductible par l'hypoxie
HRA	Hyperréflexie autonome

HTA	Hypertension artérielle
hTO	Hypotension orthostatique
IC	Insuffisance cardiaque
IGF-1	Facteur 1 de croissance ressemblant à l'insuline
IMM	Indice de masse musculaire
JKOM	Questionnaire d'évaluation fonctionnelle du genou
JKOS	Echelle d'évaluation globale chez le patient atteint de gonarthrose
KOOS	Echelle d'évaluation globale chez le patient atteint de gonarthrose
KOOS- autres symptômes	Echelle d'évaluation des symptômes chez le patient atteint de gonarthrose
KOOS-ADL	Echelle d'évaluation fonctionnelle chez le patient atteint de gonarthrose
KOOS- douleur	Echelle de douleur chez le patient atteint de gonarthrose
KOOS-QoL	Echelle d'évaluation de la qualité de vie chez le patient atteint de gonarthrose
KOOS- sport	Echelle d'évaluation fonctionnelle chez le patient atteint de gonarthrose
LC	Lombalgies chroniques
LCA	Ligament croisé antérieur
LnRHI	Logarithme de l'index de réactivité vasculaire à l'hyperhémie
MAPK	Protéine kinase activée par les mitogènes
MC	Maladie coronarienne
MFIS	Echelle modifiée de l'impact de la fatigue
MI	Membres inférieurs
MIS	Myosite à inclusion sporadique
MLHFQ	Questionnaire de qualité de vie chez les insuffisants cardiaques
MMT	Force musculaire maximale
MODQ	Echelle d'évaluation fonctionnelle chez le patient atteint de lombalgie
MP	Maladie de Parkinson
MPR	Médecine physique et de réadaptation

MS	Membres supérieurs
MSIS-29	Echelle de qualité de vie physique et psychologique pour les patients atteints de SEP
mTOR	Cible de la rapamycine chez les mammifères
nNOS	Forme neuronale de l'oxyde nitrique synthase
ODI	Echelle d'évaluation fonctionnelle chez le patient atteint de lombalgie
PAD	Pression artérielle diastolique
PAM	Pression artérielle moyenne
PAS	Pression artérielle systolique
PECC	Prise en charge chirurgicale
POA	Pression d'occlusion artérielle
PRTEE	Echelle d'évaluation globale du retentissement de l'épicondylite
PRWE	Echelle d'évaluation globale du poignet
PTG	Prothèse totale de genou
RAC	Retour au calme
RFS	Restriction de flux sanguin
RM	Renforcement musculaire
RPE	Réflexe presseur induit par l'exercice
RPE	Note d'effort ressenti
SCIM	Echelle d'indépendance fonctionnelle chez les BM
SCT	Test des 12 marches
SCT-down	Descente de 11 marches d'escaliers (temps)
SCT-up	Montée de 11 marches d'escaliers (temps)
SEP	Sclérose en plaques
SF12	Echelle de qualité de vie liée à la santé
SF-36	Echelle de qualité de vie liée à la santé
SFP	Syndrome fémoro-patellaire
SMR	Soins médicaux et de réadaptation
SNA	Système nerveux autonome

SPPB	Batterie courte de performance physique
T25FW	Test de marche de 25 pieds
T2M	Test de marche de 2 minutes
T6M	Test de marche de 6 minutes
TUGT	Temps pour se lever et faire 3 mètres en marchant
VEGF	Facteur de croissance de l'endothélium vasculaire
VEMS	Volume expiratoire maximal en 1 sec
VES	Volume d'éjection systolique
VM	Vitesse de marche (sur 4 m)
ΔFC	Variation de la fréquence cardiaque
ΔMMT	Variation entre les deux groupes des sommes de forces maximales à la hanche, au genou et à la cheville
ΔPAM	Variation de la pression artérielle moyenne

Sommaire

Avertissement	3
Remerciements	Erreur ! Signet non défini.
Sigles	4
Sommaire.....	9
Introduction	11
1 Préambule	11
2 Recommandations pour le développement de la force musculaire.....	12
3 Mécanismes physiologiques supposés de la restriction de flux sanguin.....	13
3.1 Hypoxie musculaire.....	14
3.2 La prolifération et différenciation des cellules satellites par la GH et nNOS	14
3.3 Œdème musculaire	14
3.4 Recrutement des fibres musculaires	15
3.5 Stimulation du système nerveux sympathique	15
4 Modalités d'utilisation de la restriction de flux sanguin.....	16
4.1 Pression d'occlusion artérielle.....	16
4.2 Largeur du brassard.....	17
4.3 Matériau du brassard	18
4.4 Site d'application du brassard	19
4.5 Nombre maximal de brassards applicables simultanément	20
5 Sécurité de la restriction de flux sanguin	20
5.1 Principaux effets indésirables survenus lors de la restriction de flux sanguin	20
5.2 Sécurité chez les patients atteints de pathologies cardio-vasculaires.....	22
5.3 Sécurité chez les patients atteints de pathologies neurologiques	23
5.4 Contre-indications relatives et absolues à l'utilisation de la restriction de flux sanguin	23
6 Protocole d'utilisation de la restriction de flux sanguin	24
6.1 Fréquence et durée de prise en charge	24
6.2 Charges, séries et répétitions	24
6.3 Maintien d'une occlusion entre les séries	24
7 Etat des connaissances actuelles de la restriction de flux en médecine physique et de réadaptation	25
8 Objectif.....	26
Méthode	27
1 Stratégie de recherche.....	27
2 Critères d'inclusion et d'exclusion	28
3 Sélection des études, extraction des données et évaluation de la qualité	28

Résultats	30
1 Extraction des données	30
2 Qualité des études	31
3 Résultats chez les patients atteints de pathologies neurologiques ou neuro-musculaires ..	32
3.1 Accident vasculaire cérébral	32
3.2 Blessés médullaires	33
3.3 Sclérose en plaques	34
3.4 Myosite à inclusion sporadique	35
4 Résultats chez les patients atteints de pathologies cardiaques ou respiratoires	38
4.1 Maladie de Parkinson	38
4.2 Maladie coronarienne	39
4.3 Insuffisance cardiaque	39
4.4 Post-chirurgie cardiaque	40
4.5 Bronchopneumopathie chronique obstructive	40
4.6 Patients sains âgés de plus de 65 ans.....	41
5 Résultats chez les patients atteints de pathologies de l'appareil locomoteur.....	44
5.1 Fractures distales du radius	44
5.2 Tendinopathie latérale du coude.....	45
5.3 Rééducation antérieure à une pose de prothèse totale du genou	45
5.4 Gonarthrose	47
5.5 Lombalgies chroniques	49
Discussion.....	55
1 Forces et limites de l'étude	55
2 Cohérences des résultats et applicabilité.....	56
3 Perspectives de recherche	57
Conclusion	58
Liste des figures.....	59
Bibliographie	60
Annexes	66

Introduction

1 Préambule

La médecine physique et réadaptation est la spécialité médicale qui a pour rôle de coordonner et d'assurer la mise en application de toutes les mesures visant à prévenir ou réduire au minimum inévitable les conséquences fonctionnelles physiques, psychologiques, sociales et économiques des déficiences et incapacités (définition de l'Union Européenne des spécialistes en 1998).

Pour aboutir à cet objectif, de nombreux outils sont à la disposition des praticiens de cette spécialité dont l'exercice physique qui en est une pierre angulaire en permettant l'amélioration de la force musculaire. Toutefois, les médecins de MPR sont amenés à rencontrer chez leurs patients différentes pathologies et affections à la fois aiguës et chroniques rendant difficile voire impossible un entraînement à charge élevée soulevant une problématique majeure : Comment bénéficier des différentes adaptations procurées par l'entraînement dans les situations où les protocoles classiques sont inapplicables ?

De cette impasse clinique est né l'intérêt pour des techniques alternatives telle que la restriction de flux sanguin (RFS) initialement développée par le Dr Yoshiaki SATO à partir de 1966 dans le milieu du sport. Cette méthode consiste à limiter partiellement le flux sanguin d'un membre à l'aide d'un garrot ou d'un manchon placé à la racine du membre entraîné, afin de stimuler les effets de l'exercice. Depuis 1997 et les premiers programmes de rééducation du sportif, les effets de la RFS ont montré leur efficacité dans certaines pathologies couramment rencontrées en médecine du sport telle que la rééducation post-ligamentoplastie du ligament croisé antérieur et le syndrome fémoro-patellaire. En revanche, son utilisation dans des indications plus variées en MPR reste plus récente et nécessite une évaluation rigoureuse dans ces différents champs.

2 Recommandations pour le développement de la force musculaire

Le développement de la force musculaire repose sur différents principes telle que la progressivité des charges, la régularité de l'entraînement et sa spécificité. Parmi les outils nécessaires au paramétrage de l'intensité d'un entraînement, on utilise notamment le 1RM, qui correspond à la charge maximale qu'un individu peut mobiliser à une seule reprise avec une technique correcte. En fonction de l'objectif recherché, l'intensité ou le nombre de répétitions appliquées seront différents comme visualisé dans la Figure 1.

Objectif	%RM	Nb reps	Nb sets	Vitesse	R
Force Excentrique	120	3	1	Négative	-
Force Isométrique	110	3	3	Nulle	3'
Force Maximale	100	1	3	Basse	3'
Force Submaximale	85 à 97	6 à 2	3	Basse	3'
Hypertrophie	70 à 85	12 à 6	6 à 10	Basse	<3'
Puissance-Force	60 à 70	6	3 à 5	« Rapide »	3'
Puissance Maximale	45 à 60	6	4 à 6	Rapide	3'
Endurance	45 à 60	>15	3	Moyenne	2'
Puissance-Vitesse	30 à 45	6	3	Rapide	3'
Vitesse	20 à 30	6	3	Maximale	2'
Explosivité (jeter)	<30	6	3	Maximale	2'

Figure 1 : Intensité et nombre de répétitions préconisées selon l'objectif d'après E. CHABLOZ du CHU de Lausanne

Il apparaît donc clairement que le moyen le plus efficace pour travailler la force musculaire est de travailler avec des charges d'environ 70% du 1RM. Toutefois, certaines situations rendent impossible l'utilisation de telles charges. Cependant, des techniques alternatives, comme celle de la RFS en association avec des entraînement à charge légère (30% du 1RM), permettent de

contourner ces difficultés avec des effets équivalents, en termes de force musculaire, à l'entraînement classiquement préconisé [1].

3 Mécanismes physiologiques supposés de la restriction de flux sanguin

Les effets observés lors de l'utilisation de la restriction de flux sanguin reposent, d'une part, sur une occlusion totale du retour veineux se traduisant au niveau musculaire par une accumulation de métabolites (notamment les différents types de lactates) et un œdème cellulaire et, d'autre part, par une occlusion partielle du flux artériel entraînant une hypoxie au niveau du muscle entraîné. Ces modifications physiologiques pourraient induire plusieurs mécanismes résumés dans la Figure 2 qui vont favoriser l'hypertrophie musculaire [2].

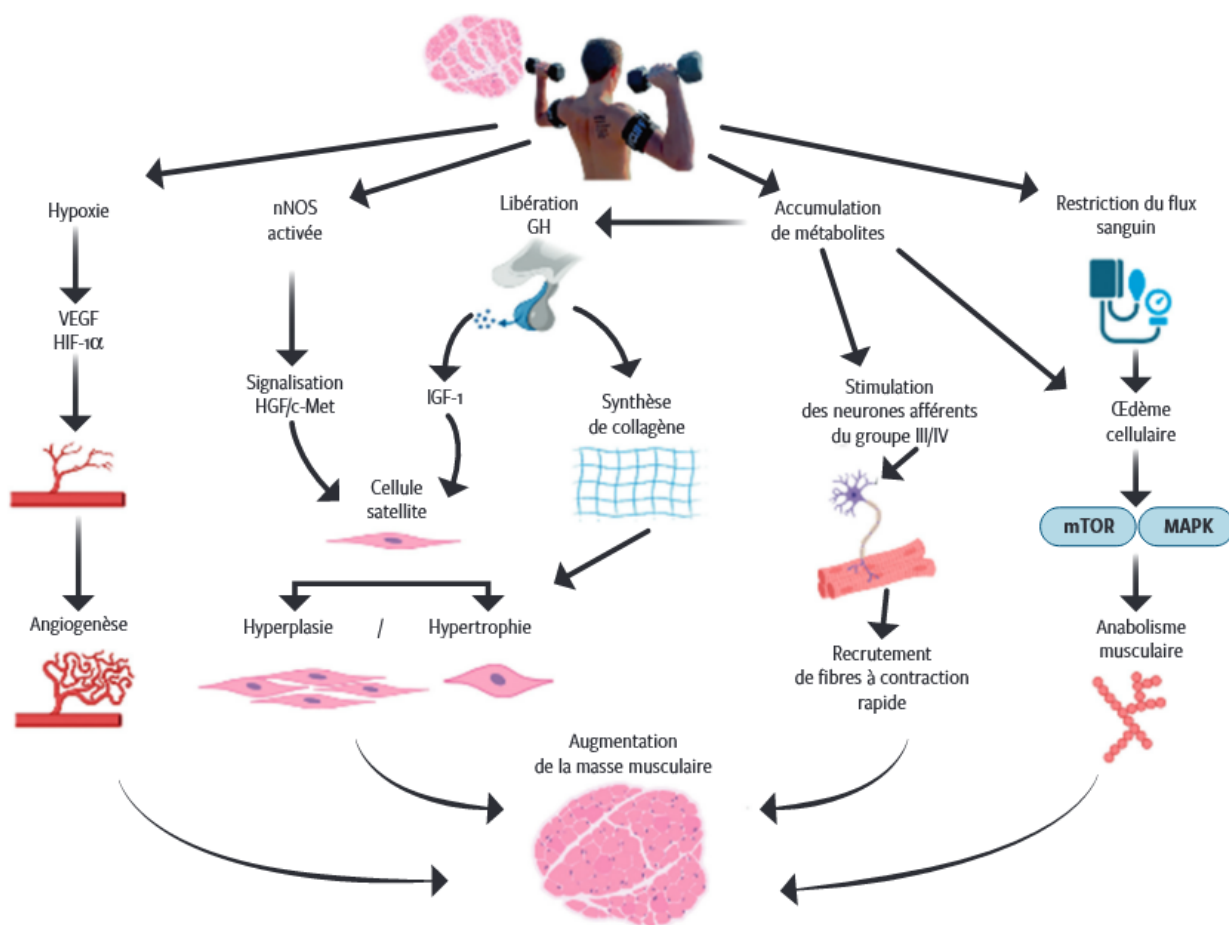


Figure 2 : Mécanismes de l'hypertrophie musculaire via la RFS d'après [3]

3.1 Hypoxie musculaire

L'occlusion artérielle partielle induite par la RFS est responsable d'une hypoxie aiguë musculaire lors de la session d'entraînement. Cette hypoxie est responsable de la stabilisation du HIF-1 α qui facilite la transcription de VEGF lui-même impliqué dans la néo-angiogenèse des capillaires périmusculaires. Cette amélioration de la vascularisation locale permet un meilleur apport d'oxygène, de glucose et d'acides aminés nécessaires à l'anabolisme et donc l'hypertrophie musculaire [4].

3.2 La prolifération et différenciation des cellules satellites par la GH et nNOS

L'acidification tissulaire liée à l'accumulation de métabolites (comprenant notamment des lactates, des ions hydrogènes, des phosphates) est responsable de la sécrétion de GH avec des concentrations pouvant être multipliées par 290 [5] par rapport au repos ou 10 fois la concentration atteinte lors du renforcement musculaire sans RFS [6]. Cette sécrétion de GH entraîne une potentialisation de la libération d'IGF-1, elle-même impliquée dans la prolifération des myoblastes et leur différenciation en myocytes [7] avec pour conséquence une hypertrophie et une hyperplasie du tissu musculaire entraînant directement une augmentation de la masse musculaire. Une autre cascade favorisant l'activation des cellules satellites pourrait être liée à nNOS qui par la production de monoxyde d'azote, augmente l'expression des récepteurs c-Met sur les cellules satellites. Ces mêmes récepteurs seront donc aptes à se lier au HGF déclenchant ainsi la différenciation des myoblastes en fibres musculaires [8].

3.3 Œdème musculaire

Une autre explication physiologique possible tient à l'œdème musculaire induit par l'absence de retour veineux au niveau musculaire. Ce dernier, en association avec l'accumulation de métabolites, pourrait être responsable d'un déplacement de l'équilibre protéique vers un anabolisme responsable de la synthèse de protéines musculaires via l'activation des voies de signalisation incluant mTOR [9] ainsi que MAPK [6]. En sus, la transcription de la myostatine (une

cytokine responsable de l'activation des voies cataboliques au sein des fibres musculaires) est également limitée par les conditions d'hypoxie et d'acidose locale favorisées par cet œdème musculaire [10].

3.4 Recrutement des fibres musculaires

Alors que dans les conditions habituelles d'exercice à faible intensité, le recrutement musculaire se fait en premier lieu au niveau des fibres musculaires de type I (FTI) avant de se faire au niveau des fibres musculaires de type II (FTII) en cas d'incrémentement de l'intensité de l'entraînement. Au contraire, dans les conditions d'entraînement avec RFS, le recrutement d'un grand nombre d'unités motrices incluant celles des FTII s'effectue rapidement pour compenser le manque de force global [6,9] se traduisant à terme par une hypertrophie musculaire principalement via le développement de fibres rapides [11] bien qu'il y ait également une amélioration de l'endurance musculaire [12].

3.5 Stimulation du système nerveux sympathique

Lors de l'exercice physique, la contraction musculaire entraîne, dans un premier temps, l'activation des fibres nerveuses efférentes de type 3 (A-delta) qui sont mécano-sensibles et dont le premier message nerveux est transmis dans les 200 millisecondes suivant la contraction musculaire. Puis, dans un second temps, une activation des fibres nerveuses efférentes de type 4 (C) qui sont sensibles à l'accumulation de métabolites et dont le premier message nerveux est envoyé avec une latence de plusieurs secondes après la contraction musculaire. Ces mécano-réflexe et métabo-réflexe musculaires forment le réflexe presseur induit par l'exercice (RPE). Le RPE va stimuler le système nerveux sympathique entraînant donc des effets cardiotrope (accélération de la fréquence cardiaque) et inotrope (augmentation de la contraction cardio-musculaire) positifs qui vont se traduire par une augmentation de la tension artérielle avec, en parallèle, une vasoconstriction périphérique systémique pour maintenir la perfusion du muscle actif [13].

En condition de RFS, ce mécanisme est accru en raison de l'accumulation de stress métabolique et par la stimulation prolongée des nocicepteurs sus-évoqués en raison de l'inhibition par le brassard de leur réponse artérielle.

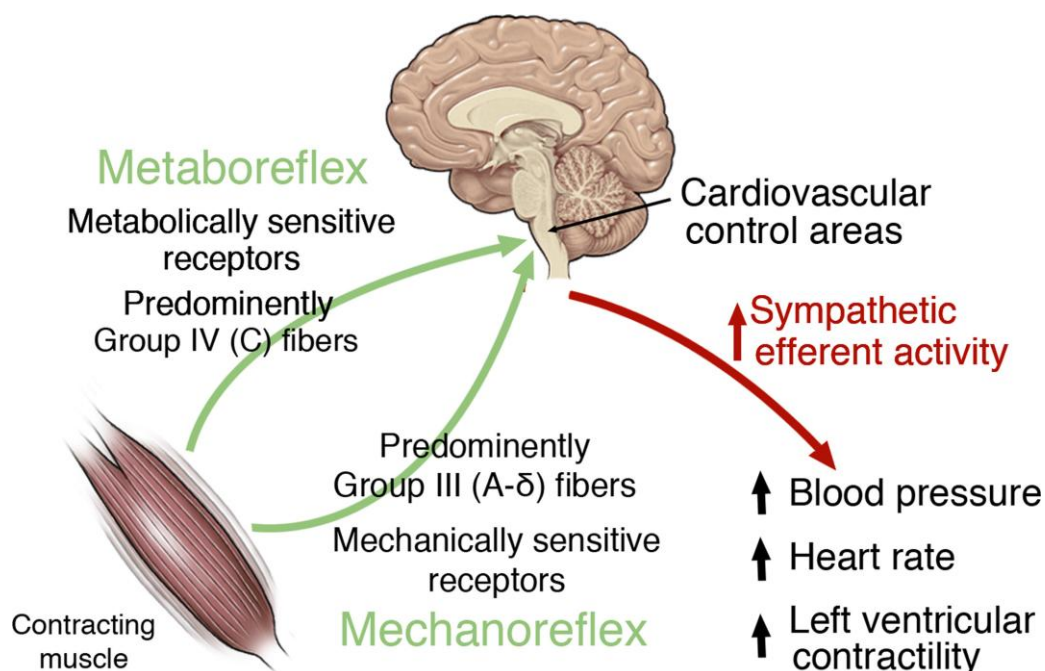


Figure 3 : Mécanismes du réflexe presseur induit par l'exercice selon [14]

4 Modalités d'utilisation de la restriction de flux sanguin

4.1 Pression d'occlusion artérielle

L'efficacité des différents mécanismes physiologiques de la RFS dépend en grande partie de la pression appliquée au niveau du dispositif utilisé. Historiquement, les premières études et applications cliniques jusque dans les années 1990 utilisaient des pressions absolues et non-individualisées déterminées de manière empirique. Ces dernières étaient généralement comprises entre 100 et 300 mmHg [15,16]. Toutefois, l'application d'une pression fixée présentait le risque de réaliser une occlusion complète chez les individus avec une tension artérielle basse favorisant le risque d'événements indésirables ou à l'inverse, de ne générer qu'une occlusion artérielle insuffisante limitant les effets physiologiques désirés et leur impact sur l'hypertrophie musculaire chez les individus hypertendus.

Study	Cuff width (cm)	Final pressure (mmHg)
Acute studies		
Barnett et al. (2015) [21]	5	40 % AOP
Brandner et al. (2014) [24]	10.5	80 % SBP/130 % SBP
Counts et al. (2015) [11]	5	40–90 % AOP
Dorneles et al. (2015) [25]	14.5	SBP – 20
Garten et al. (2015) [26]	Unreported	SBP – 20
Maior et al. (2015) [27]	14	SBP – 20
Neto et al. (2015) [28]	6	80 % AOP
Thiebaud et al. (2014) [29]	3.3	120
Vieira et al. (2014) [30]	Unreported	110
Yasuda et al. (2014) [31]	3	160
Chronic studies		
Counts et al. (2015) [11]	5	40–90 % AOP
Farup et al. (2015) [32]	8	100
Luebbers et al. (2014) [33]	7.6	Unknown
Lowery et al. (2014) [34]	Unreported	Unknown
Yasuda et al. (2015) [35]	3	160–270

Figure 4 : Etat des lieux des pressions utilisées dans les études de RFS selon [17]

Pour pallier ces limites, une individualisation progressive des valeurs a été proposée par différentes équipes de recherche pour permettre d'adapter la pression en fonction de la tension artérielle de l'individu, la résistance mécanique des tissus (qui augmente avec la masse musculaire), la profondeur et la résistance mécanique des artères ou la largeur du brassard (détaillée dans le paragraphe suivant). Actuellement, les recommandations de pression à appliquer sont comprises entre 50 et 80% de la pression d'occlusion artérielle (POA) [18] dont la valeur a pu être estimée chez 34 individus sains par Graham et coll. [19] comme étant :

$$POA = \frac{(pression systolique - pression diastolique) \times circonférence du membre}{3 \times largeur du brassard} + pression diastolique$$

Selon Mouser et coll., le débit sanguin reste relativement inchangé entre 50 et 80% de la POA [20], il pourrait donc être plus appropriée d'utiliser des pressions plus proches de 50% de la POA pour favoriser le confort des individus et limiter le risque éventuel d'événement indésirable.

4.2 Largeur du brassard

La pression exercée par un brassard sur le membre comprimé dépend de deux paramètres qui sont : la pression de gonflage du brassard et la surface de contact entre le brassard et le membre (c'est-à-dire sa largeur). En utilisant des brassards plus larges, la répartition de pression est effectuée sur une plus grande surface permettant d'obtenir une occlusion artérielle identique en

exerçant une pression plus basse (cf Figure 5) et d'appliquer une force de manière plus diffuse dans le membre avec potentiellement une meilleure tolérance.

Variable	Mean (SD)
AOP 5 cm (mmHg)	145 (19)
AOP 10 cm (mmHg)	123 (13)
AOP 12 cm (mmHg)	120 (12)

Figure 5 : POA au niveau du membre supérieur selon la largeur du brassard utilisée selon [17]

A contrario, un brassard plus étroit nécessitera une pression plus élevée qui sera appliquée sur une plus petite surface majorant le risque de douleur mais permettant une meilleure RFS sur un muscle inséré proche de la racine du membre ou en cas de membre court. En pratique, un compromis doit être trouvé entre efficacité et tolérance : les brassards les plus larges sont généralement utilisés au membre inférieur et chez des personnes avec une pression artérielle élevée et les brassards plus étroits sont plutôt utilisés au membre supérieur et chez des individus avec une pression artérielle basse notamment lorsque le renforcement cible les muscles du bras (la gamme de largeur possible des brassards est comprise entre 3 et 23 cm).

4.3 Matériau du brassard

Deux principaux types de matériaux peuvent être utilisés pour les brassards dans le cadre de l'entraînement avec RFS : les matériaux élastiques comme le caoutchouc ou latex et les matériaux rigides le plus souvent en nylon.

Les brassards en matériau élastique sont en général moins couteux, plus simples d'utilisation et plus facile à transporter ce qui explique qu'ils soient privilégiés pour un usage récréatif. En revanche, ils n'apportent pas de retour précis sur la pression exercée, qui dépendra du ressenti de l'individu, ou sur la POA qui permettrait de connaître l'objectif de serrage. Leur caractère extensible entraîne une forte pression superficielle sans que celle-ci soit transmise efficacement en profondeur du segment [18].

Les brassards en nylon, quant à eux, permettent d'appliquer une pression précise et reproductible avec au préalable une mesure de la POA dont dépendra la pression apposée avec la possibilité pour certaines machines d'ajuster cette pression en fonction des variations de masses durant l'exercice. La répartition de la pression est également uniforme entre la superficie et la profondeur du membre. L'ensemble de ces avantages entraîne nécessairement un coût plus important et la nécessité d'utiliser un gonfleur (manuel ou électrique) les rend plus encombrant [21]. En résumé, malgré leur encombrement et leur coût plus importants, les brassards en matériaux rigides sont ceux qui sont utilisés dans les structures médicales telles que les centres de rééducation pour la précision dans la pression appliquée qui est un gage de sécurité tandis que dans le milieu sportif amateur, les brassards avec matériaux élastiques sont privilégiés en raison de leur coût.

Brassard pneumatique	Bande pneumatique	Bande élastique	AirBand pneumatique (récente)
Rigide (nylon)	Élastique	Élastique	Rigide
Large	Étroite	Étroite	Large
Conçu pour interrompre le flux sanguin	Conçue pour restreindre le flux sanguin	Conçue pour restreindre le flux sanguin	Conçu pour interrompre le flux sanguin
Individualisée en fonction de la POA	Individualisée selon la perception d'étroitesse et/ou de la pression absolue entre 100 et 500 mmHg (idéalement entre 350 et 400 mmHg)	Individualisée en fonction de la perception d'étroitesse	Individualisé en fonction de la POA (entre 30 et 300 mmHg) Connecté sur téléphone mobile ou tablette via Bluetooth
Moins confortable/moins pratique	Confortable/pratique	Confortable/pratique	Confortable/pratique
POA précise	POA moins précise	POA non précise	POA précise
			

Figure 6 : Différents types de brassards et leurs caractéristiques selon [3]

4.4 Site d'application du brassard

Le brassard est appliqué à la racine du membre pour permettre à la fois une meilleure efficacité de la RFS souhaitée sur le muscle entraîné si celui-ci est proximal, mais également pour limiter le risque de lésion nerveuse par compression directe de ces tissus devant une épaisseur de tissus mous plus importante à ces localisations permettant leur protection [22].

4.5 Nombre maximal de brassards applicables simultanément

Différentes modalités d'applications existent pour les brassards utilisés en RFS et les configurations les plus couramment utilisées sont : une application unilatérale à un membre, une application bilatérale aux deux membres d'un même groupe (les deux cuisses ou les deux bras) ou une application successive à un membre puis l'autre du même groupe dans une même séance. Selon Stanford et coll. [23], l'utilisation de brassards en alternance ($\Delta\text{PAM} = +15 \text{ mmHg}$; $\Delta\text{FC} = +26 \text{ bpm}$) entraîne des modifications cardio-vasculaires plus importantes qu'une utilisation unilatérale ($\Delta\text{PAM} = +11 \text{ mmHg}$; $\Delta\text{FC} = +19 \text{ bpm}$) ou bilatérale ($\Delta\text{PAM} = +13 \text{ mmHg}$; $\Delta\text{FC} = +19 \text{ bpm}$) durant l'entraînement. Par ailleurs, aucun de ces modes de dispositions n'a montré d'efficacité plus importante en termes de recrutement musculaire (mesuré par électromyogramme) ou d'hypertrophie musculaire (évaluée par l'aire musculaire visualisée en coupe transversale échographique) [24]. Ces résultats justifient donc l'utilisation de brassards de manière unilatérale ou bilatérale en fonction des objectifs et des antécédents des patients.

A noter, aucune étude n'a été réalisée sur l'application simultanée de trois voire quatre brassards et ceci est donc déconseillé qui plus est chez les patients à risque cardio-vasculaire élevé.

5 Sécurité de la restriction de flux sanguin

5.1 Principaux effets indésirables survenus lors de la restriction de flux sanguin

La plus large étude menée pour recenser les effets indésirables de la RFS est une enquête nationale menée sur plus de 12 000 japonais de tout âge (moins de 20 ans à plus de 80 ans) sains ou atteints de différents types de pathologies (cardio-vasculaires, cérébro-vasculaires, neuro-musculaires, orthopédiques...) à travers un sondage des professionnels du sport et de la santé utilisant la RFS en association avec du renforcement musculaire, des étirements ou des exercices aérobies (marche ou cyclisme). Les résultats de cette étude sont montrés dans la Figure 7. Ils devront toutefois être interprétés avec précaution devant la méthodologie de cette

étude (questionnaire déclaratif avec absence de comptes-rendus nécessaires pour retenir un diagnostic d'événement indésirable).

Effets indésirables possibles	Pourcentage
Hémorragie sous-cutanée	13,10 %
Engourdissement	1,297 %
Sensation de froid	0,127 %
Thrombus veineux	0,055 %
Douleurs	0,04 %
Démangeaisons	0,02 %
Décompensation d'une cardiopathie ischémique	0,016 %
Élévation de la pression artérielle	0,016 %
Embolie pulmonaire	0,008 %
Rhabdomyolyse	0,008 %

Figure 7 : Evénements indésirables les plus fréquents (adaptation par [3] du tableau de [25])

Les effets indésirables les plus fréquemment rencontrés étaient le plus souvent mineurs et transitoires (hémorragies sous-cutanées, engourdissements, sensations de froid).

Concernant les thromboses et embolies pulmonaires, ces données semblent rassurantes puisque leur incidence est plus faible que celle retrouvée dans la population générale asiatique [26]. Plusieurs études se sont intéressées aux biomarqueurs de l'hémostase lors de l'utilisation de la RFS chez des volontaires sains [27] et chez des patients atteints de maladie cardiovasculaire [28,29] sans retrouver de surrisque thrombo-embolique liée à l'expression de ces biomarqueurs. Malgré ces résultats rassurants, devant le mécanisme de la RFS et l'absence d'étude sur certaines populations à risque (notamment génétique), son utilisation doit être discutée au cas par cas en cas de facteur de risque de maladie thrombo-embolique veineuse.

Enfin, concernant la rhabdomyolyse, son incidence semble très faible puisqu'un seul cas a été recensé dans cette enquête de vaste ampleur. De plus, une étude réalisée chez des joueurs de

football [30] a démontré que l'entraînement à faible intensité avec RFS entraînait moins de dommages musculaires que l'entraînement à haute intensité.

5.2 Sécurité chez les patients atteints de pathologies cardio-vasculaires

Comme expliqué précédemment, l'hypertrophie musculaire permise par l'entraînement associé à la RFS est notamment liée à l'exacerbation du RPE qui, par les effets qu'il entraîne sur le système cardio-vasculaire, pose question chez les patients atteints d'une pathologie atteignant ce système. Une revue de littérature [31] s'est particulièrement intéressée à ce mécanisme physiopathologique avec la comparaison de la pression artérielle lors de l'exercice entre :

- Des groupes effectuant un entraînement à faible intensité (30% du 1RM) avec ou sans RFS (19 études) où 74% des études incluses (14/19) retrouvaient une augmentation de la pression artérielle de manière plus importante dans le groupe utilisant la RFS.
- Des groupes ayant effectué un entraînement à forte intensité (70% de la 1 RM) contre des groupes entraînés à faible intensité avec RFS avec des résultats beaucoup plus équivoques dans ce second cas. En effet, parmi les 12 études incluses, 42% retrouvaient une pression artérielle plus importante dans le premier groupe, 50% retrouvaient une pression artérielle plus importante dans le second groupe et 8% ne constataient pas de différence.

Les données actuellement disponibles ont motivé la société européenne de cardiologie à considérer le profil de sécurité de la RFS en association avec un entraînement à faible charge comme très solide et la recommande même dans le premier mésocycle de 4 semaines de renforcement musculaire chez les patients fragiles et sarcopéniques atteints de pathologies cardio-vasculaires [32].

Toutefois, plusieurs études chez des individus sains mesuraient l'index de pression systolique et le présentaient comme un critère d'exclusion de leur étude [33]. Ceci est concordant avec le mécanisme physiologique de l'entraînement en RFS qui pourrait aggraver la symptomatologie de patients souffrant d'AOMI et justifie la contre-indication à utiliser cette

technique de rééducation dans cette population de patients. Cette contre-indication s'applique également en cas de pathologie cardio-vasculaire à la phase aiguë (syndrome coronarien aigu, insuffisance cardiaque aiguë, myocardite ou péricardite ainsi qu'en cas d'hypertension artérielle non-contrôlée) comme le recommandent la société européenne de cardiologie et le collège américain de cardiologie pour toute activité physique.

5.3 Sécurité chez les patients atteints de pathologies neurologiques

Concernant cette population, une revue de la littérature [34] comprenant des patients atteints de lésion médullaire, myosite à inclusion sporadique, sclérose en plaques, maladies de Parkinson et AVC retrouvait des effets indésirables relativement bénins et passagers tels que des plaintes douloureuses notamment musculaires, des niveaux de perception d'effort importants et une sensation de fatigue. En revanche, 4 épisodes d' hyperréflexie autonome (HRA) ont été décrits chez un patient atteint de lésion médullaire au niveau cervical [35] qui était déjà connu pour cette atteinte et qui présentait également des épisodes d'HRA en cas de renforcement musculaire sans RFS. Ces données sont rassurantes sur l'utilisation de la RFS chez la population de patients atteints de pathologies neurologiques dans leur ensemble, avec toutefois des précautions qui semblent de rigueur chez les blessés médullaires avec une lésion médullaire haute (supérieure à T6 voire cervicale) qui sont plus à risque d'HRA.

5.4 Contre-indications relatives et absolues à l'utilisation de la restriction de flux sanguin

Devant les résultats rapportés par les différentes études ci-dessus, les principales contre-indications relatives et absolues retenues par l'auteur sont indiquées dans la Figure 8.

Contre-indications absolues :	- Artériopathies oblitérantes des membres inférieurs - Pathologies cardio-vasculaires aiguës (insuffisance cardiaque, syndrome coronarien aigu, hypertension artérielle non-équilibrée)
Contre-indications relatives :	- Patients à risque de maladie thrombo-embolique élevé

	- Blessés médullaires avec niveau lésionnel supérieur à T6
--	--

Figure 8 : Contre-indications absolues et relatives à l'utilisation de la RFS retenues par l'auteur

6 Protocole d'utilisation de la restriction de flux sanguin

La disparité des protocoles utilisés en condition de RFS fait partie des problématiques limitant la comparabilité des études à son sujet ainsi que son application clinique. Toutefois, les résultats actuels des études permettent de dégager des recommandations sur les conditions d'utilisation de la RFS.

6.1 Fréquence et durée de prise en charge

Selon la revue de Patterson [21], l'approche la plus conventionnelle consiste à effectuer 2 à 3 séances d'entraînement par semaine, pendant une période minimale de 4 semaines, avec une alternative possible comprenant une fréquence d'entraînement plus élevée sur des périodes courtes ne devant pas dépasser 1 à 3 semaines. La revue de Perera [36] comprenant 1337 participants dans 53 études différentes retrouvait une fréquence moyenne de 3.7 entraînements par semaine durant une moyenne de 6.8 semaines.

6.2 Charges, séries et répétitions

La charge standard utilisée en RFS est de 30% du 1RM avec une amplitude acceptée entre 20 et 40% du 1 RM [21]. Concernant le volume d'entraînement, le protocole le plus fréquemment utilisé suit un format de 4 séries réparties en 30-15-15-15 répétitions soit un total de 75 répétitions [21]. Le temps de réalisation conseillé est de 1 à 2 secondes pour chaque phase (concentrique et excentrique) lors de chaque répétition [21].

6.3 Maintien d'une occlusion entre les séries

Le repos préconisé entre les séries est généralement compris entre 30 et 60 secondes [5]. Le maintien de l'occlusion entre les séries ne fait l'objet d'aucune recommandation dans les principales revues de littératures qui se sont concentrées à standardiser l'utilisation de la RFS.

Toutefois, certaines études ont montré que le relâchement du brassard entre les séries n'affectait pas les modifications physiologiques induites par la RFS durant l'exercice [37] ni les résultats en termes de gain de force [38,39]. En revanche, on notait une amélioration de la tolérance en cas d'occlusion intermittente par rapport à l'occlusion continue [39,40], ce qui motive donc à encourager le relâchement de la pression entre les séries.

Fréquence d'entraînement	2 à 3 séances par semaine pendant plus de 4 semaines
Charge utilisée	20 à 40% du 1RM
Répétitions et séries	4 séries : 30 + 15 + 15 + 15 répétitions
Repos entre les séries	30 à 60 secondes avec relâchement du brassard

Figure 9 : Recommandations sur le protocole d'entraînement avec RFS adaptées de [21]

7 Etat des connaissances actuelles de la restriction de flux en médecine physique et de réadaptation

L'histoire de la RFS commence donc avec le Dr Yoshiaki SATO qui, dès 1966, réalise de nombreuses expérimentations pour mettre au point plusieurs protocoles qu'il appliquera au *Sato Sports Plaza*, une structure s'adressant au plus grand nombre à partir de 1973. La recherche scientifique débutera à partir de 1998 [41] et permet aujourd'hui d'affirmer (niveau de preuve 1) que chez les volontaires sains, la RFS avec entraînement à faible charge permet d'améliorer les performances musculaires en termes de force, d'hypertrophie et d'endurance musculaires par rapport à l'entraînement à faible charge seul. En revanche, l'entraînement à charge élevée permet de meilleurs résultats en termes de force et d'hypertrophie musculaires que l'entraînement à faible charge avec RFS [36]. Ces résultats prometteurs permettront à cette technique de s'imposer dans différentes situations rencontrées en médecine du sport comme la rééducation post-ligamentoplastie du ligament croisé antérieur et le syndrome fémoro-patellaire.

Concernant la rééducation post-ligamentoplastie du LCA, le principe de progressivité de la charge d'entraînement est unanimement accepté [42] avec une absence de renforcement musculaire à

plus de 60% du 1RM durant les 12 premières semaines [43] pour minimiser le stress mécanique sur le greffon. Le renforcement à faible intensité associé à la RFS a donc particulièrement sa place puisqu'il permet une augmentation de la force isocinétique des extenseurs et fléchisseurs de genou ainsi qu'une hypertrophie du quadriceps [44] avec des effets positifs associés sur l'œdème et la douleur lors de la rééducation [45]. L'entraînement à faible charge avec RFS est donc aujourd'hui clairement recommandé dans la rééducation post-ligamentoplastie du LCA et particulièrement à la phase initiale [45].

Concernant le syndrome fémoro-patellaire (SFP), l'étude de Giles et coll. a montré qu'un entraînement à faible charge avec RFS était près de deux fois plus efficace qu'un entraînement standard sur les douleurs ressenties en vie quotidienne. De plus, dans le sous-groupe présentant des douleurs à l'extension contrariée du genou, cette technique de rééducation permettait une amélioration significativement plus importante de la force par rapport à la prise en charge habituelle [46]. Enfin, l'effet antalgique ressenti l'est dès la première session de rééducation [47].

8 Objectif

Si l'efficacité de l'entraînement à faible charge avec RFS a montré son intérêt chez les volontaires sains et dans les pathologies rencontrées en médecine du sport, aucune étude n'a fait l'état des lieux de l'intérêt cette technique de rééducation chez les patients de médecine physique et de réadaptation. L'objectif de cette étude est de répondre à la question suivante :

Quel est l'intérêt de la technique par restriction de flux sanguin en association avec l'exercice chez les patients pris en charge en service de médecine physique et de réadaptation ?

Pour y répondre, nous avons réalisé une revue systématique de la littérature des essais contrôlés randomisés comparant l'intérêt de l'exercice en association avec la RFS à une prise en charge rééducative classique chez les patients pris en charge dans les différents services de médecine physique et de réadaptation.

Méthode

Les recommandations PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*) ont été suivies pour la réalisation de cette revue systématique (Annexe 1). Aucun enregistrement préalable du protocole de recherche n'a été réalisé.

1 Stratégie de recherche

Une recherche a été effectuée sur les bases de données électroniques MEDLINE (PubMed), EmBase et la librairie COCHRANE à partir du 1 janvier 1960 jusqu'au 1 juillet 2025. L'équation de recherche réalisée à partir des termes présents dans la Figure 10 était constituée comme suit : « terme relatif à la RFS » ET « terme relatif aux affections neurologiques » OU « terme relatif aux affections cardio-respiratoires » OU « terme relatif aux affections de l'appareil locomoteur ». Les termes utilisés devaient être retrouvés dans le titre ou le résumé de l'article.

Termes relatifs à la RFS	Blood flow restriction ; Blood flow restriction exercise ; BFR ; BFR exercise ; Occlusion training ; Kaatsu ; Kaatsu training ; Limb occlusion ; Limbs occlusion ; Limb occlusion pressure
Termes relatifs aux affections neurologiques	Stroke ; Strokes ; Brain injury ; Brain injuries ; Traumatic brain injury ; Traumatic brain injuries ; Acquired brain injury ; Acquired brain injuries ; Brain disease ; Brain diseases ; Hemiplegia ; Hemiplegic ; Diplegia ; Diplegic ; Quadriplegic ; Quadriplegia ; Cerebral palsy ; Cerebral palsies ; Spinal cord injuries ; Spinal cord injury ; SCI ; Multiple sclerosis ; Parkinson disease ; Parkinson syndrome ; Neuropathy ; Muscular dystrophy ; Neuromuscular dystrophy ; Neuromuscular disease ; Muscular disease ; Spinal muscular atrophy ; Amyotrophic lateral sclerosis ; Myopathy ; Dystrophy ; Myasthenia ; Muscle disease
Termes relatifs aux affections cardio-respiratoires	Heart failure ; Coronaropathy ; Heart attack ; Myocardial infarction ; Heart surgery ; Thoracic surgery ; Chronic Obstructive Pulmonary Disease ; COPD ; Coronary disease ; Coronary surgery ; Heart graft ; Heart transplant ; Pulmonary graft ; Pulmonary transplant ; Coronary artery disease

Termes relatifs aux affections locomotrices	Amputation ; Agenesis ; Arthroplasty ; Low-back pain ; Lumbago ; Neck pain ; Sciatica ; Radiculopathy ; Arthrosis ; Polytrauma ; Multiple trauma ; Fracture ; Arthrodesis ; Scoliosis ; Complex regional pain syndrome ; CRPS ; Tendinopathy ; Elderly ; Sarcopenia
--	---

Figure 10 : Termes utilisés pour l'équation de recherche

2 Critères d'inclusion et d'exclusion

Les études sélectionnées devaient être rédigées en anglais ou en français (1) ; comparer la RFS associée à de l'exercice physique à un contrôle (2) ; utiliser une randomisation (3) ; la population d'intérêt de l'étude devait être spécifiée dans la Figure 10 (4). L'objectif était d'inclure les principales pathologies prises en charge dans un service de SMR (la pathologie oncologique n'a pas été retenue devant un choix méthodologique). Le critère de jugement principal devait traduire une amélioration directe ou indirecte de la qualité de vie ou un critère d'amélioration de la santé des patients (5).

Les études dont les résultats n'étaient pas encore disponibles (1) étaient exclues tout comme les communications par poster et revues de conférences (2). Les articles dont l'accès au texte complet était impossible (3) étaient également exclus.

3 Sélection des études, extraction des données et évaluation de la qualité

Les études identifiées par leur titre dans les différentes bases de données par le lecteur étaient ensuite incorporées dans le logiciel ZOTERO. Leur sélection était ensuite réalisée par la lecture du résumé. Les articles étaient ensuite lus dans leur intégralité afin de confirmer cette sélection et procéder à la collecte des données.

Celle-ci était ensuite réalisée dans un tableau du logiciel EXCEL pour spécifier les informations relatives à la pathologie ; la taille de l'échantillon ; l'intervention ; le contrôle, les critères de jugements et les résultats.

La qualité méthodologique des études incluses dans la revue de littérature était évaluée à l'aide de l'échelle PEDro (Annexe 2). Cette échelle permet d'évaluer la qualité méthodologique des essais contrôlés randomisés et est fréquemment utilisée dans les revues de littérature dans le domaine de la médecine physique et de réadaptation à cet effet. Elle est constituée de 11 critères et donne un score de 0 à 10 (la première question portant sur la validité externe de l'étude n'étant pas prise en compte). L'interprétation de la qualité méthodologique des études est la suivante : un score < 4 correspond à un article de faible qualité ; un score de 4 et 5 correspond à un article de qualité moyenne ; un score compris entre 6 et 8 correspond à un article de bonne qualité ; enfin, un score de 9 ou 10 traduit une excellente qualité méthodologique de l'article.

Résultats

1 Extraction des données

Un total de 1286 articles a été recensé (Figure 11) sur les bases de données PubMed (360 articles), Embase (615 articles) et Cochrane (311 articles). Après lecture du résumé et recherche de la provenance de l'étude, 1083 études ou protocoles de recherche ont été écartés, laissant 203 articles à analyser.

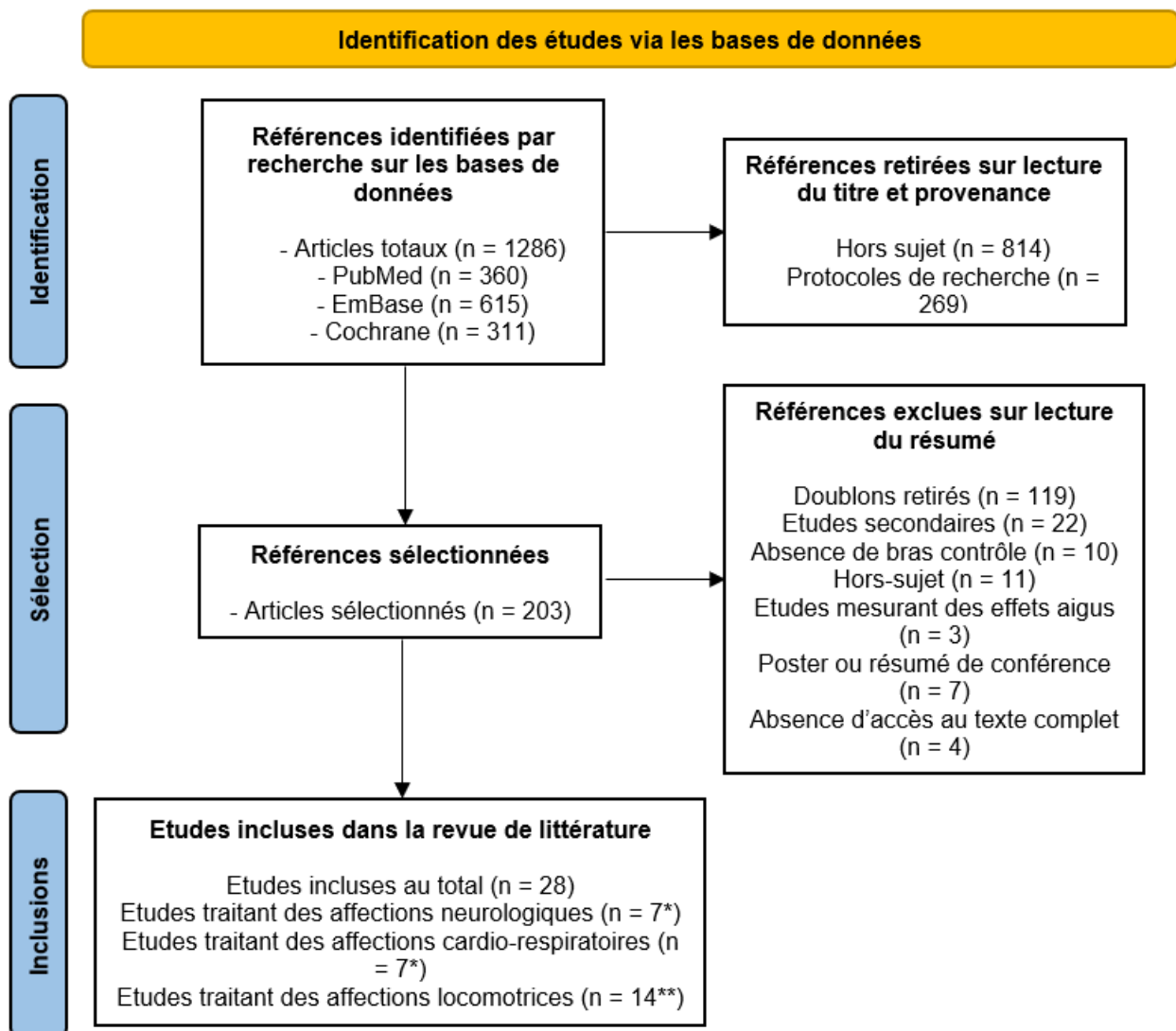


Figure 11: Diagramme de flux de la revue de littérature

* Une étude sur des patients atteints d'affection neurologique a été analysée dans les affections cardiologiques puisque les paramètres étudiés étaient des facteurs de risques cardio-vasculaires

Parmi ces 203 articles, 28 ont finalement été retenus dans notre revue de littérature sur lecture du résumé et du texte complet si nécessaire. Parmi ceux-ci, 8 articles traitaient de pathologies neurologiques ou neuromusculaires (2 articles sur les accidents vasculaires cérébraux [AVC], 2 articles sur les blessés médullaires [BM], 2 articles sur la sclérose en plaques [SEP], 1 article sur la myosite à inclusions sporadiques [MIS], 1 article sur la maladie de Parkinson [MP] traitée avec les articles traitant des pathologies cardio-respiratoires devant des critères de jugements en rapport avec les facteurs de risques cardio-vasculaires) ; 6 articles traitaient des pathologies cardio-respiratoires ou de leurs facteurs de risque (1 article sur les maladies coronariennes [MC], 1 article sur l'insuffisance cardiaque [IC], 1 article post- chirurgie cardiaque [post-CC] principalement pour des chirurgies valvulaires ou pontages coronariens, 2 articles sur la bronchopneumopathie chronique obstructive [BPCO], 1 article sur des volontaires sains âgés dont les critères de jugements principaux étaient en rapport avec les facteurs de risques cardio-vasculaires) ; 14 articles traitaient des pathologies locomotrices (4 articles sur les fractures du radius distal [FRD], 1 article sur les tendinopathies latérales du coude [TLC], 4 articles pré-prothèse totale de genou [pré-PTG], 2 articles sur la gonarthrose [GA] non-chirurgicale [dont 1 article ajouté secondairement puisqu'il n'avait pas été retrouvé via notre méthodologie de recherche] et 3 articles sur la lombalgie chronique [LC]).

2 Qualité des études

Parmi les 28 articles retenus, les scores de l'échelle PEDro varient entre 5 et 8 (Annexe 3). 4 articles présentent un score de 5 les classant comme de qualité moyenne. Les 24 autres articles étaient de bonne qualité avec respectivement 11, 12 et 1 articles présentant des scores de 6, 7 et 8.

Parmi les critères étudiés, on peut noter qu'un article [48] n'a pas rempli le critère de randomisation. Il comparait 2 groupes avec intervention (dont 1 avec RFS) et un groupe contrôle

sans intervention. Il existait bien une randomisation pour l'attribution entre les 2 groupes d'intervention (raison de l'inclusion de cet article dans notre revue) mais les patients attribués au groupe contrôle n'étaient, quant à eux, pas randomisés mais attribués à ce groupe une fois les 2 premiers groupes remplis. Parmi les autres critères étudiés, il est également à souligner que seulement 2 études [49,50] ont pu mettre leurs patients en aveugle de l'attribution du traitement tandis qu'aucune n'a su mettre les thérapeutes en aveugle. Ceci s'explique par la nature du traitement et la difficulté à rendre patients et thérapeutes aveugles par rapport à son attribution.

3 Résultats chez les patients atteints de pathologies neurologiques ou neuro-musculaires

Les principaux résultats concernant les patients atteints de pathologie neurologiques ou neuro-musculaires sont présentés sous forme de tableau dans la Figure 12.

3.1 Accident vasculaire cérébral

Deux études ont été recensées [51,52] dans cette population. La durée depuis l'épisode de l'AVC n'était pas précisée dans la première étude et devait être supérieure à 1 mois dans la seconde étude. Les pressions appliquées au brassard n'étaient, par ailleurs, pas individualisées. Dans l'étude de Feng et coll., l'ajout de la restriction de flux sanguin à un programme de rééducation comprenant des exercices fonctionnels permettait une augmentation significative de la force musculaire de manière globale ainsi qu'une hypertrophie musculaire du vaste latéral, sans que ces améliorations se traduisent sur les critères fonctionnels tels que l'échelle de Fugl-Meyer appliquée au membre inférieur ou le *Timed Up and Go Test* (TUGT). Dans l'étude d'Ahmed et coll., comparant un entraînement à faible charge associé à la restriction de flux sanguin à un entraînement conventionnel à charge élevée, aucune différence significative n'a été observée entre les deux modalités sur la vitesse de marche, les performances fonctionnelles (TUGT et 5 *times sit-to-stand test* [5TSTST]), l'indépendance fonctionnelle (indice de Barthel) ou encore les troubles anxieux et dépressifs.

Au total : Les résultats actuels laissent espérer un effet bénéfique de la RFS en association à des exercices fonctionnels sur la force musculaire et la trophicité musculaire sans que cela ne se traduise par une amélioration fonctionnelle du membre rééduqué. Un entraînement à faible charge associé à de la RFS ne semble pas supérieur à un entraînement à forte charge pour les paramètres de marche et la fonction du membre rééduqué. Ces résultats se rapprochent de ceux constatés chez le volontaire sain où l'entraînement à faible charge associé à la RFS est considéré comme plus efficace que l'entraînement à faible charge seul ou presque aussi efficace que l'entraînement à charge élevée seul en termes de force et trophicité musculaires [1].

3.2 Blessés médullaires

Deux études ont été recensées dans cette population [53,54]. Les lésions médullaires devaient avoir eu lieu depuis respectivement plus de 12 ou 9 mois avec des scores ASIA compris entre A et D. L'étude de Jønson et coll. retrouvait une augmentation significative de la trophicité musculaire du quadriceps dans le groupe utilisant la restriction de flux sanguin en plus de l'entraînement à faible charge, sans amélioration significative de la force musculaire, de la vitesse de marche (T6M et 10mWT), de l'évaluation fonctionnelle (TUGT) ou de l'indépendance (évaluée par l'échelle SCIM). Plusieurs biais limitent ces résultats, avec notamment une pression appliquée au niveau du brassard relativement faible (40% de la POA), un protocole de rééducation peu intense (un seul exercice 2 fois par semaine) et une taille de population limitée. L'étude de Shagdan et coll., centrée sur les muscles distaux du membre supérieur, rapportait quant à elle une amélioration significative de la force de préhension dans le bras où était appliquée la RFS en association avec de la faible charge par rapport au groupe où était appliquée une charge modérée seule. Toutefois plusieurs limites non-prises en compte dans l'échelle PEDro limitent les conclusions à retenir de cette étude puisque le critère de jugement principal concernait la force musculaire au niveau des fléchisseurs distaux du membre supérieur, alors que 8 des 10 participants à cette étude avaient un niveau lésionnel T2 ou inférieur. Le bras présenté comme contrôle dans cette étude était le bras controlatéral du même patient, ce qui

pose un problème de qualité du contrôle dans cette étude. A noter, aucun épisode d'HRA n'a été rapporté dans ces études.

Au total : Il pourrait exister un intérêt de l'entraînement à faible charge associé à de la RFS chez les blessés médullaires pour l'hypertrophie musculaire sans que d'autres bénéfices n'aient été montrés mais la qualité des études actuelles limite fortement ces conclusions et ce malgré des scores de PEDro à respectivement 6 et 7.

3.3 Sclérose en plaques

Deux essais [55,56] se sont intéressés à cette population. Dans l'étude de Schmidt et coll., l'utilisation de la RFS en association avec entraînement à faible charge était associée à une amélioration plus rapide de la vitesse de marche sur 10 mètres et à une réduction significative du retentissement de la fatigue, tandis que le test de marche de 6 minutes s'améliorait davantage dans le groupe avec entraînement à charge élevée. Ce contraste entre ces deux tests de vitesse de marche peut s'expliquer par la différence importante et statistiquement significative dans les résultats initiaux du T6M entre les deux groupes (groupe intervention : 429 m ; groupe contrôle = 309 m ; $p = 0.001$). Dans l'étude de Lamberti et coll., l'amélioration de la vitesse de marche, évaluée par le T25FW, était progressive à 6 et 12 semaines dans le groupe avec RFS et marche par rapport au groupe contrôle (marche uniquement). A contrario, on ne notait pas, cette fois-ci, de différence significative entre les deux groupes sur le retentissement de la fatigue ou les échelles de qualité de vie. Plusieurs pistes peuvent expliquer la divergence de résultats de ces 2 études en termes de retentissement sur la fatigue : la durée de protocole (12 contre 6 semaines), la pression appliquée (60% de la POA contre 30% de la PAS), les protocoles d'exercices (renforcement musculaire à faible charge sur les membres supérieurs et inférieurs contre marche).

Au total : Il pourrait exister un effet de la RFS sur la vitesse de marche chez les patients atteints de SEP avec un effet temps-dépendant. Concernant le retentissement de la fatigue, les résultats actuels ne permettent pas de conclure sur un éventuel intérêt de la RFS sur ce paramètre.

3.4 Myosite à inclusion sporadique

Seule l'étude de Jørgensen et coll. [57] s'est intéressée à cette population, avec l'utilisation d'un protocole de RFS non-individualisé. L'ajout de la restriction de flux sanguin à un entraînement musculaire à faible charge a permis une amélioration significative de la force musculaire en extension de genou sur le membre le plus fort mais sans différence significative sur la force musculaire de la jambe faible, la masse maigre, l'activation musculaire volontaire ou la vitesse de marche par rapport à un groupe sans intervention. On ne peut donc pas conclure si la différence observée sur la force musculaire du membre inférieur le plus fort est liée au renforcement musculaire, à la restriction de flux ou à l'application conjointe des deux.

Auteur	Pathologie	Participants	Modalités d'entrainement	Méthodes d'utilisation de la RFS	Durée et fréquence	Critères de jugements	Résultats
Feng et coll. ; 2025 [51]	AVC	2 x 20 patients (30 H et 10 F ; 48,8 ans)	Amplitudes articulaires actives, équilibre, transferts, marche, escaliers (+ RFS pour le GI)	30 min à 160-200 mmHg	5 x par semaine pendant 4 semaines (2 séances par jour pour le GC)	Force musculaire (MMT) ; évaluation fonctionnelle (FMA-LE, TUGT) ; trophicité musculaire (épaisseur du vaste latéral)	Δ MMT = + 1,77 (p = 0,005) ; Δ épaisseur musculaire du vaste latéral = 0,04 cm (p = 0,03) ; autres résultats = pas de différence significative entre les 2 groupes
Ahmed et coll. ; 2023 [52]	AVC	2 x 16 patients (20 H et 12 F ; 54,5 ans)	10 min de tapis de marche puis 10 min de vélo puis 3 séries de 10 répétitions sur l'extension de genou, la flexion de hanche, l'extension de hanche, l'abduction de hanche, flexion de hanche jambe tendue, presse à jambes et squat) GI : 40% du 1RM (+ RFS) GC : 80% du 1RM	150-160 mmHg jusqu'à réalisation des 3 séries d'un exercice	3 x par semaine pendant 5 semaines	Vitesse de marche et longueur du pas (10mWT) ; évaluation fonctionnelle (TUGT, 5TSTST) ; troubles anxieux et dépressifs (HAD) ; indépendance fonctionnelle (indice de Barthel)	Pas de différence significative sur l'ensemble des résultats entre les 2 groupes
Jønson et coll. ; 2024 [53]	BM	11 + 10 patients (10 H et 11 F ; 58,7 ans)	30 + 3 x 15 répétitions d'extension de genou à 30-40% du 1RM (+ RFS pour le GI)	40% de la POA	2 x par semaine pendant 8 semaines	Force musculaire (extension et flexion de genou) ; trophicité musculaire (épaisseur musculaire du quadriceps) ; vitesse de marche (10mWT ; T6M) ; évaluation fonctionnelle (TUGT) ; indépendance fonctionnelle (SCIM)	Δ épaisseur musculaire du quadriceps = 0,76 cm (p = 0,002) ; autres résultats = pas de différence significative entre les 2 groupes
Shagdan et coll. ; 2024 [54]	BM	10 patients (bras controlatéral = contrôle ; 8 H et 2 F ; 47,0 ans)	5 min de vélo à bras puis 30 + 3 x 15 répétitions de flexion de poignet et d'extension de poignet BI = 30% 1RM (+ RFS) BC = 50% 1RM	60% de la POA	2 x par semaine pendant 8 semaines	Force musculaire (force de préhension)	Δ force musculaire = + 3,9 kg (p < 0,001)
Schmidt et coll. ; 2025 [55]	SEP	8 + 9 patients (2 H et 15 F ; 40,6 ans)	GI : 30 + 3 x 15 répétitions par exercice à 30% du 1RM GC : 4 x 8-12 répétitions à 65% du 1RM Exercices : presse à pectoraux, tirage assis, presse à épaules, extension de jambes, flexion de jambes, presse à jambes	60% de la POA durant les séries	2 x par semaine pendant 12 semaines	Vitesse de marche (10mWT et T6M) ; évaluation fonctionnelle (TUGT, 5TSTST 30SSTST) ; retentissement de la fatigue (MFIS)	Amélioration plus rapide du 10MWT (p = 0,042) et plus importante du MFIS (p = 0,014) dans le GI ; Amélioration plus importante du T6M dans le GC (p = 0,048) ; autres résultats = pas de

							différence significative entre les 2 groupes
Lamberti et coll. ; 2020 [56]	SEP	2 x 12 patients (7 H et 17 F ; 58 ans)	GI : 10 min échauffement puis 5 x (3 x [1 min marche + 1 min repos] + 3 min repos + RFS) puis 10 min RAC GC : 10 min échauffement puis 40 min marche puis 10 min RAC	5 x 6 min à 30% de la PAS	2 x par semaine pendant 6 semaines	Vitesse de marche (T25FW et T6M) ; équilibre (BBT) ; évaluation fonctionnelle (5TSTST) ; qualité de vie (SF-36 ; MSIS-29) ; retentissement de la fatigue (FSS) à 6 et 12 semaines	Δ T25FW = + 8% à 6 semaines et + 12% à 12 semaines ; autres résultats = pas de différence significative entre les 2 groupes
Jørgensen et coll. ; 2021 [57]	MIS	2 x 11 patients (18 H et 4 F ; 69,0 ans)	GI : 3 séries jusqu'à l'échec à 25% du 1RM (+ RFS) sur la presse à jambes, extension de genou, flexion de genou, flexion de cheville et extension de cheville en plus du suivi habituel GC : suivi habituel	110 mmHg jusqu'à réalisation des 3 séries avec un brassard de 10 cm	2 x par semaine pendant 12 semaines	Force musculaire (extension de genou) ; pourcentage de masse maigre (DEXA scanner) ; activation musculaire volontaire (contractions musculaires volontaire) ; vitesse de marche (T2M)	Δ force musculaire = + 0,17 Nm/kg (p = 0,003) sur la jambe forte ; résultats non-significatifs sur la jambe faible ; autres résultats = pas de différence significative entre les 2 groupes

Figure 12 : Aperçu des études incluses dans la revue systématique de la littérature dans le domaine de la rééducation neurologique

4 Résultats chez les patients atteints de pathologies cardiaques ou respiratoires

Les principaux résultats concernant les patients atteints de pathologies cardiaques, respiratoires ou les études sur les facteurs de risques cardio-vasculaires sont présentés sous forme de tableau dans la Figure 13.

4.1 Maladie de Parkinson

Bien que les patients soient atteints de la maladie de Parkinson, l'étude de Bane et coll. [48] est analysée dans cette partie puisque les critères de jugement étudiés sont cardio-vasculaires (et plus précisément hémodynamiques et neurovégétatifs). La RFS associée à un entraînement à faible charge se traduit par une diminution significative de la pression artérielle systolique (PAS) et de la pression artérielle diastolique (PAD) par rapport à l'entraînement à charge élevée ou à l'absence d'activité physique. On note également une augmentation de la variabilité de la fréquence cardiaque (VFC) dans le premier groupe par rapport aux 2 autres, ce qui laisse supposer une amélioration de la modulation autonome cardiaque par cette intervention bien qu'il n'y ait pas d'effet notable sur l'hypotension orthostatique (hTO). Ces résultats ont été notés malgré une durée de protocole relativement courte (4 semaines). En parallèle, plusieurs incohérences ont été notées dans cette articles avec des erreurs manifestes sur l'ensemble des d de cohen de l'étude : Une infime amélioration de la pression partielle capillaire en oxygène (TcPO) dans le groupe contrôle de 44.88 mmHg à 45.19 mmHg en 4 semaines était considérée comme « une intervention » ayant une taille d'effet très forte avec un d de Cohen de 3.16 (après calcul avec les valeurs données pour les moyennes et écarts-types, la valeur réelle était comprise entre 0.02 et 0.03). Une confusion entre la VFC et la diminution orthostatique de la PAS (présentation de la variation des moyennes de VFC de 30 à 24 mmHg).

Ceci incite à la prudence lors de la lecture de certains articles malgré le travail des *reviewers* du *Journal of Parkinson disease* considéré comme une revue de bonne qualité avec un *impact factor* de 5.1.

4.2 Maladie coronarienne

Dans l'étude de Kambič et coll. [28], portant sur des patients à plus de 3 mois d'un infarctus du myocarde ou d'une intervention coronarienne, la pression appliquée sur le brassard est très importante (PAS + 20 mmHg) mais elle est appliquée avec un brassard extrêmement large (23 cm), ce qui induit une occlusion artérielle qui varie sur une grande partie de la cuisse des patients. La durée d'application de la BFR est, quant à elle, courte puisqu'un seul exercice de renforcement musculaire est réalisé et avec un nombre de répétitions faible pour l'intensité de cet exercice (aucun exercice de renforcement n'est effectué dans le groupe contrôle mais des exercices aérobies sont pratiqués dans les deux groupes). Sachant cela, une amélioration de la force musculaire en extension de genou a été constatée par le groupe intervention (GI) par rapport au groupe contrôle (GC) sans qu'il n'y ait d'effet sur la trophicité musculaire ou sur les paramètres hémodynamiques (PAS, PAD et FC).

4.3 Insuffisance cardiaque

Dans l'étude de Groennebaek et coll. [58], les patients présentaient une FEVG inférieure à 45% avec un score NYHA compris entre 1 et 3. Le groupe intervention effectuait 3 fois par semaine 4 séries d'extension de genou à 30% du 1RM avec un brassard appliquant une pression représentant 50% de la POA tandis que le groupe contrôle n'effectuait aucune activité physique pendant 6 semaines. Cette intervention s'est traduite par une amélioration significative de la vitesse de marche de 39 m (soit moins de 10% d'amélioration) et une de la force des extenseurs du genou de 29.7 Nm (entre 10 et 15% d'amélioration) sans que ces performances physiques n'améliorent la qualité de vie (rapportée par le MLHFQ). Ces résultats, peu cliniquement pertinents, peuvent être attribués à la RFS, au renforcement musculaire ou à l'association de ces deux interventions au regard du groupe contrôle.

4.4 Post-chirurgie cardiaque

L'étude d'Ogawa et coll. [29] portait sur une population de 21 patients dans les suites de chirurgies valvulaires ou pontages coronariens qui bénéficiaient d'un programme aérobie 2 fois par semaine pendant 3 mois à partir du 5 ou 7^{ème} jour post-opératoire et qui était associé à 3 séries de 30 répétitions à 20-30% du 1RM avec un brassard gonflé à 100 mmHg, puis incrémenté progressivement au cours de la rééducation jusqu'à 160-200 mmHg. Une amélioration de l'épaisseur de la cuisse (0.5 cm) et de l'indice de masse maigre (0.4 kg/m²) étaient notées tout comme l'amélioration de la vitesse de marche mesurée sur 4 m (+ 0.29 s). En termes de force musculaire, une amélioration des performances était retrouvée au niveau des extenseurs de genou (+ 13.0 kgf) mais pas de la force de préhension. Si les résultats concernant la vitesse de marche et la force musculaire des extenseurs de genou sont pertinents, la mesure de la vitesse de marche sur 4 m peut être approximative (un test sur 10 ou 30 m aurait été préférable) et encore une fois, ils peuvent être attribués à la RFS, au renforcement musculaire ou à l'association de ces deux interventions.

4.5 Bronchopneumopathie chronique obstructive

Deux études[59,60] se sont intéressées à cette population. L'étude de Kohlbrenner comparait 2 groupes de patients BPCO à distance de toute exacerbation (> 6 semaines) effectuant des exercices de renforcement des membres supérieurs et inférieurs après 20 minutes de vélo 2 fois par semaine pendant 12 semaines. Le groupe intervention effectuait 15 répétitions par série à 30% du 1RM avec des brassards gonflés à 70% de la POA durant tout l'exercice tandis que le groupe contrôle effectuait 8 à 12 répétitions par série à 70% du 1RM. En dehors de l'absence de précision des exercices effectués, la méthodologie de cette étude semble de qualité. Aucune différence significative n'a été retrouvée entre les 2 groupes malgré la multiplicité des critères de jugement (11 paramètres étudiés en force musculaire, évaluation fonctionnelle, fonctions ventilatoires, activité physique et qualité de vie). Toutefois, A contrario, l'étude de Lau s'intéressait à des patients BPCO dans les suites immédiates d'une exacerbation (début des symptômes < 2

semaines) qui effectuaient 4 séries d'extension du genou (30 puis 3 fois 15 répétitions) à 30% du 1RM sur chaque jambe un jour sur deux avec 20 minutes de marche de manière quotidienne pendant 2 semaines. Le groupe intervention réalisait son renforcement musculaire avec un brassard appliquant une pression de 80% de la POA. Si aucune différence significative n'a été rapportée entre les deux groupes en termes de force musculaire, vitesse de marche, autonomie ou qualité de vie, la faible importance du renforcement musculaire sur une courte durée limite les conclusions à en tirer. Il existe de plus une problématique de validité externe de ces résultats en raison d'une surreprésentation masculine dans ces études par rapport à la population atteinte de BPCO et atteinte d'exacerbations [61]).

Au total : il ne semble pas y avoir de bénéfice à l'utilisation de la RFS associée à un entraînement à faible charge par rapport à un entraînement à charge élevée chez le patient BPCO à distance de toute exacerbation en termes de force musculaire, évaluation fonctionnelle, fonctions ventilatoires, activité physique et qualité de vie. Concernant les patients avec une exacerbation récente de la pathologie, la littérature ne permet pas de conclure sur un potentiel bénéfice d'une RFS associée à un renforcement musculaire à faible charge réalisés de manière pertinente.

4.6 Patients sains âgés de plus de 65 ans

L'étude de Lopes et coll. [62] mesurait les modifications hémodynamiques et la VFC entre 3 groupes de volontaires sains âgés de plus de 65 ans effectuant 15 min de tapis de marche et des exercices de renforcement des membres supérieurs et inférieurs avec des étirements. Le premier groupe effectuait le renforcement musculaire à 30% du 1RM avec un brassard appliquant une pression à hauteur de 50% de la POA ; les deuxième et troisième groupes l'effectuaient sans brassard à respectivement 70% et 30% du 1RM. Une amélioration notable de la PAS (- 7.9 mmHg), de la PAD (- 5.0 mmHg) et de la PAM (- 6.3 mmHg) étaient notées dans le premier groupe sans amélioration dans les autres groupes. Malheureusement, aucun test comparant les groupes entre eux n'a été effectué, limitant ainsi l'interprétabilité de ces résultats. Il n'existait pas de résultats significatifs concernant la VFC.

Auteur	Pathologie	Participants	Modalités d'entrainement	Méthodes d'utilisation de la RFS	Durée et fréquence	Critères de jugements	Résultats
Bane et coll. ; 2024 [48]	MP	15 + 15 + 8 patients (29 H et 9 F ; 65,1 ans)	5 min de vélo puis extension de genou, flexion de coude, flexion de genou, extension de coude, extension de cheville, serrage de main puis 5 min de vélo G1 : 3 x 20 répétitions à 20% du 1RM + RFS G2 : 3 x 8 répétitions à 80% du 1RM G3 : absence d'activité physique	60% de la POA jusqu'à réalisation des 3 séries d'un exercice avec des brassards de 10 cm aux MI et 7 cm aux MS	3 x par semaine pendant 4 semaines	Modifications hémodynamiques (PAS, PAD) ; modifications du SNA (hTO, VFC)	Δ PAS = -17 mmHg par rapport à G2 et -12 mmHg par rapport à G3 ($p < 0.01$) ; Δ PAD = - 8 mmHg par rapport à G2 et - 1 mmHg par rapport à G3 ($p = 0.04$) ; Δ VFC = + 3.80 ms par rapport à G2 et + 2.89 ms par rapport à G3 ($p = 0.04$) ; pas de résultats significatifs sur l'hTO
Kambič et coll. ; 2019 [28]	MC	2 x 12 patients (18H et 6 F ; 60 ans)	GI : exercices aérobies puis 8 + 10 + 12 répétitions d'extension de genou à 30-40% du 1RM GC = exercices aérobies	PAS + 20 mmHg durant l'intégralité du RM par un brassard de 23 cm	2 x par semaine pendant 8 semaines	Force musculaire (extension de genou) ; trophicité musculaire (diamètre du vaste latéral) ; modifications hémodynamiques (PAS et PAD, FC)	Amélioration de l'extension de genou = + 8,96 kg ($p < 0,01$) et de la PAS = - 6,77 mmHg ($p = 0,03$) dans le GI ; autres résultats = pas de différence significative entre les 2 groupes
Groennebaek et coll. ; 2019[58]	IC	2 x 12 patients (22 H et 2 F ; 65 ans)	GI : 4 séries jusqu'à épuisement d'extension de genou à 30% du 1RM GC : absence d'activité physique	50% de la POA jusqu'à réalisation des 4 séries d'un exercice avec un brassard de 14 cm	3 x par semaine pendant 6 semaines	Vitesse de marche (T6M) ; force musculaire (extension de genou) ; qualité de vie (MLHFQ)	Δ T6M = + 39,0 m ($p = 0,019$), Δ force d'extension de genou = + 29,7 Nm ($p = 0,003$) ; pas de résultat significatif sur le MLHFQ
Ogawa et coll. ; 2021 [29]	Post-CC	11 + 10 patients (18 H et 3 F ; 69,6 ans)	GI : programme aérobic puis 3 x 30 répétitions d'extension de genou et de presse à jambe à 20-30% du 1RM GC : programme aérobic	100 mmHg puis majoration de 20 mmHg jusqu'à 160-200 mmHg	2 x par semaine pendant 3 mois	Force musculaire (extension de genou et force de préhension) ; trophicité musculaire (épaisseur de la cuisse et IMM) ; vitesse de marche (sur 4 m)	Δ épaisseur de cuisse = + 0,5 cm ($p < 0,01$) ; Δ IMM = + 0,4 kg/m ² ($p = 0,03$) ; Δ VM = + 0,29 m/s ($p = 0,01$) ; Δ force en extension de genou = + 13,0 kgf ($p < 0,01$) ; pas d'effet sur la force de préhension
Kohlbrenner et coll. ; 2023 [60]	BPCO	15 + 15 patients (17 H et 13 F ; 64 ans)	GI : 20 min de vélo puis 30 + 3 x 15 répétitions par exercice à 30% du 1RM GC : 20 min de vélo puis 3 x 8-12 répétitions à 70% du 1RM	70% de la POA jusqu'à réalisation du protocole entier de l'exercice avec des	2 x par semaine pendant 12 semaines	Force musculaire (flexion et extension de genou) ; évaluation fonctionnelle (1mSTST) ; vitesse de marche (T6M) ; fonctions ventilatoires (VEMS, CVF,	Pas de différences significatives sur l'ensemble des résultats entre les 2 groupes

			Exercices de renforcements des MS et MI non-précisés	brassards de 11 cm		DLCO) ; activité physique (pas/jour) ; qualité de vie (CAT, CRQ, SF-12, HADS)	
Lau et coll. ; 2023 [59]	BPCO P-E	20 + 25 patients (43 H et 2 F ; 76,3 ans)	30 + 3 x 15 répétitions d'extension de genou à 15-30% du 1RM (1 jour sur 2 pour chaque jambe) puis 20 min de marche (+ RFS pour GI)	80% de la POA durant l'intégralité du renforcement musculaire	5-6 x par semaine pendant 2 semaines	Force musculaire (extension de genou et force de préhension) ; vitesse de marche (T6M) ; autonomie (SPPB) ; qualité de vie (CAT)	Pas de différence significative sur l'ensemble des résultats entre les 2 groupes
Lopes et coll. ; 2021 [62]	Sains (> 65 ans)	10 + 12 + 10 patients (10 H et 22 F ; 72 ans)	15 min de tapis de marche puis 3 x 10 répétitions de flexion de coude, presse à jambes, extension de coude, extension de jambe puis 5 min d'étirements à : G1 : 30% du 1RM + RFS G2 : 70% du 1RM G3 : 30% du 1RM	50% de la POA jusqu'à réalisation des 3 séries d'un exercice avec un brassard de 11 cm	3 x par semaine pendant 12 semaines	Modifications hémodynamiques (PAS, PAD, PAM) ; modifications du SNA (VFC)	Amélioration de la PAS (- 7,9 mmHg ; p = 0,002), la PAD (- 5,0 mmHg ; p = 0,007) et la PAM (p = - 6,3 ; p = 0,003) dans le groupe RFS mais pas les autres groupes ; pas de résultats significatifs pour la VFC

Figure 13 : Aperçu des études incluses dans la revue systématique de la littérature dans le domaine de la rééducation cardiaque et respiratoire

5 Résultats chez les patients atteints de pathologies de l'appareil locomoteur

Les principaux résultats concernant les patients atteints de pathologies de l'appareil locomoteur sont présentés sous forme de tableau dans la Figure 14.

5.1 Fractures distales du radius

4 études se sont intéressées à cette population [63–66] avec 2 études où la prise en charge de la fracture était orthopédique et 2 études où la prise en charge était chirurgicale. Les protocoles d'exercices étaient comparables dans les différentes études avec des exercices de renforcement musculaire comprenant 4 séries (30 puis 3 fois 15 répétitions) le plus souvent associés à des exercices de mobilisation réalisés à la fois dans les groupes contrôles et intervention. Une seule étude appliquait une pression arbitraire pour la RFS (120 mmHg) avec un brassard fin (5 cm) tandis que les autres appliquaient une pression correspondant à 50% de la POA. Les protocoles étaient conduits 2 à 5 fois par semaine sur 4 à 8 semaines. 3 de ces essais ont étudié et rapporté une amélioration de la douleur (baisse de l'EN ou EVA comprise entre 1.11 et 1.7) dans le groupe intervention. Les 4 études ont également noté une amélioration de l'évaluation fonctionnelle du poignet (PRWE ou score de Cooney) et 2 études n'ont pas rapporté d'amélioration de l'évaluation fonctionnelle du membre supérieur (DASH). En termes de force musculaire, une seule étude a montré une amélioration de la force de préhension et aucune étude n'a montré d'amélioration de la force de pincement (bien que ces critères de jugement fussent présents dans les 4 études) ; la force des fléchisseurs de poignet était augmentée dans la seule étude l'ayant mesurée. En termes d'amplitudes articulaires, seule l'inclinaison ulnaire était améliorée dans une étude. Parmi les limites des études, il faut souligner que 2 d'entre elles ont un effectif total inférieur à 15 patients pouvant limiter la puissance des résultats.

Au total : L'état actuel de la littérature montre la supériorité de la RFS en association à un renforcement musculaire à faible charge par rapport à ce renforcement musculaire seul dans les

fractures du radius distal en termes d'évaluation fonctionnelle du poignet et de douleur sans qu'elle n'améliore les amplitudes articulaires. Des études complémentaires sont nécessaires pour pouvoir conclure concernant la force musculaire.

5.2 Tendinopathie latérale du coude

L'étude de Karanasios et coll. [50] portait sur 46 patients atteints de tendinopathie latérale du coude dont la symptomatologie devait être présente depuis plus de 2 semaines et qui devaient réaliser 2 fois par semaine pendant 6 semaines un protocole associant 4 séries (30 puis 3 fois 15 répétitions) de flexion et extension de coude à 30% du 1RM puis 3 séries de 10 répétitions de pronation, supination, flexion et extension du poignet avec RFS. Le groupe intervention voyait son brassard gonflé à 40-50% de la POA tandis que celui du groupe contrôle était gonflé à moins de 20% de la POA (ce qui peut tout de même occlure partiellement le retour veineux). Les résultats finaux étaient meilleurs à 6 et 12 semaines pour le groupe intervention en termes de douleur (EN = - 1.54 à 12 semaines par rapport au groupe contrôle malgré une différence initiale de +0.83), de force de préhension sans douleur à 6 semaines (+ 20% par rapport au groupe contrôle), d'évaluation fonctionnelle à 6 et 12 semaines (-15.23 à 12 semaines par rapport au groupe contrôle), et en termes d'amélioration subjective par le patient à 6 et 12 semaines (*odds ratio* de 6.0 à 6 semaines par rapport au groupe contrôle). Il est intéressant de noter qu'il s'agit de l'étude incluse dans cette revue avec l'une des plus fortes puissances et le meilleur score sur l'échelle de PEDro.

5.3 Rééducation antérieure à une pose de prothèse totale du genou

4 études se sont intéressées à cette population [67–70] avec des protocoles variables. Les patients de l'étude de Kubo et coll. effectuaient 3 séries de 10 répétitions de squats, fentes avant et extensions bilatérales de genou à 30% de la force maximale isométrique (FMI) avec un brassard de 21 cm appliquant 100 à 120 mmHg pour le groupe intervention et 20 mmHg pour le groupe contrôle, 2 à 3 fois par semaine pendant 4 semaines. Aucune différence significative n'a été retrouvée entre les deux groupes dans cet article en termes de force musculaire, trophicité

musculaire, douleur, évaluation fonctionnelle ou qualité de vie à 1, 2 ou 3 mois de la chirurgie. Toutefois, les limites suivantes de cette étude restreignent les conclusions à en tirer : la taille large du brassard signifiant que les 21 premiers centimètres ne sont pas occlus à la pression cible, les pressions utilisées ne sont pas individualisées, il y a une occlusion veineuse partielle dans le groupe contrôle qui pourrait avoir un effet physiologique partiellement identique à la RFS et, enfin, le volume d'entraînement est faible.

L'étude de Jørgensen et coll. dont la puissance est l'une des plus importantes de la revue, comparait d'une part, un groupe effectuant 10 min de vélo puis 4 séries (30 puis 3 fois 15 répétitions) de presse à jambes et extension de genou à 30% du 1RM avec RFS à 60% de la POA 3 fois par semaine pendant 8 semaines ; et d'autre part, un groupe n'effectuant aucune activité physique spécifique. Les résultats en termes de force musculaire (amélioration du 1RM sur la presse à jambe de 16.3 kg et de l'extension de genou de 0.5 Nm/kg) sont à nuancer car retrouvés à 3 mois mais pas à 12 mois post-opératoire, et ne peuvent pas plus être attribués à la RFS qu'au renforcement musculaire. De plus, aucune différence significative n'a été retrouvée concernant les échelles utilisées pour l'évaluation fonctionnelle du genou, la vitesse de marche, les amplitudes articulaires ou la qualité de vie.

L'étude de Pzkora et coll. est, quant à elle, l'étude avec la plus faible puissance de cette revue. Elle compare d'une part, un groupe effectuant 2 séries jusqu'à épuisement de 4 exercices de renforcement musculaire des membres inférieurs (presse à jambes, extension de genou, flexion de genou et extension de cheville) à 30% du 1RM avec une pression individualisée correspondant probablement à 80-100% de la POA à une fréquence de 2 à 3 séances par semaine pendant 4 semaines ; et d'autre part, un groupe n'effectuant aucune activité physique spécifique. A 2 semaines de la chirurgie, il n'existait aucune variation significative par rapport aux valeurs de base mesurées 4 semaines avant l'intervention en termes d'autonomie, vitesse de marche, douleur ou force musculaire. Aucune comparaison statistique entre les deux groupes n'a été réalisée par ailleurs. La faible puissance et le faible volume d'entraînement limitent les

interprétations en défaveur d'un effet positif de la RFS. Cependant l'absence de renforcement musculaire dans le groupe contrôle aurait limité l'interprétation d'un effet positif de la RFS.

Enfin, l'étude de Franz et coll. comparait 3 groupes différents : le premier n'effectuant aucune activité physique spécifique tandis que les deux autres effectuaient 50 min de vélo à 50% de la FC de réserve 2 fois par semaine pendant 6 semaines, ceci étant associé à une occlusion du membre à 40% de la POA dans le 3^{ème} groupe (G3). Des résultats positifs étaient notés dans ce 3^{ème} groupe par rapport aux deux premiers avec notamment une amélioration de la force musculaire en extension (+79% par rapport au deuxième groupe [G2]) et en flexion ainsi que du périmètre de cuisse et de la vitesse de marche au T6M après la rééducation. Les résultats en termes de force musculaire restaient supérieurs dans le groupe G3 par rapport à G1 et G2 à 3 et 6 mois post-opératoire. L'amélioration de la vitesse de marche au T6M était notée pour G3 à 3 mois post-opératoire par rapport aux valeurs de bases et à 6 mois post-opératoire par rapport à 3 mois post-opératoire alors que ce n'était pas le cas dans les autres groupes. En ce qui concerne la qualité de vie, les résultats étaient également meilleurs dans G3 par rapport à G1 et G2 notamment à 6 mois post-opératoire (+ 28 % par rapport à G2).

Au total : la grande diversité des protocoles limite les conclusions concernant l'intérêt de la RFS lors d'une rééducation préopératoire d'une PTG. Toutefois, une RFS associée à des exercices aérobies pourraient avoir des résultats bénéfiques en termes de force musculaire, trophicité musculaire et qualité de vie à terme dans cette population.

5.4 Gonarthrose

Deux études se sont intéressées à cette population avec des objectifs et des protocoles variables [71,72]. Les 120 patients de l'étude de Jacobs effectuaient 5 exercices de renforcement musculaire dont 2 exercices de renforcement des quadriceps qui étaient effectués avec une occlusion à hauteur de 60% de la POA dans le groupe intervention. 10 minutes de vélo étaient réalisées au début et à la fin de chaque séance qui étaient effectuées deux fois par semaine pendant 12 semaines. Une amélioration de quatre des cinq différentes sous-échelles du KOOS

était retrouvée dans le groupe intervention par rapport au groupe contrôle (KOOS-douleur = + 9.44, KOOS-ADL = + 6.95, KOOS QoL = + 13.23, KOOS-symptômes = + 9.03 ; résultats non-significatifs pour le KOOS sport) à 3 mois de l'arrêt de l'intervention. Il n'existait pas de différence significative sur la *Pain catastrophizing scale* (PCS) entre les deux groupes, ce qui pourrait s'expliquer par une amélioration plus importante des douleurs chez les patients souffrant d'une gonarthrose avec un retentissement clinique plus modéré. Concernant les tests physiques, 5 des 6 tests effectués étaient améliorés de manière significative dans le groupe intervention par rapport au groupe contrôle (nombre de squats unipodaux réalisés en 30 secondes = + 5.19 ; nombre de manœuvres assis-debout réalisées en 30 secondes = + 4.73 ; T6M = + 56.9 m ; test de marche des 40 m = - 2.28 s, vitesse pour monter 11 marches = -0.54 s ; pas de différence significative sur la vitesse pour descendre 12 marches). On notait également une amélioration plus importante de la force musculaire des quadriceps dans le premier groupe (+ 0.9 N/kg) mais pas des ischios-jambiers ce qui peut s'expliquer par le fait que les exercices avec RFS étaient des exercices de renforcement musculaire du quadriceps.

Cette première étude s'est poursuivie avec un suivi d'un an mais cette nouvelle étude n'a pas pu être incluse dans la revue car publiée le 05/08/2025 (date postérieure à la fin de l'inclusion de nos études) mais dont les résultats montrent la pérennité des résultats observés dans l'étude initiale avec une amélioration persistante par rapport au groupe contrôle de la douleur (+15.1 sur l'échelle douleur du KOOS), des symptômes (+10.5 sur l'échelle symptômes du KOOS), de l'évaluation fonctionnelle (+ 11.3 sur l'échelle activités de la vie quotidienne du KOOS et amélioration de 3 des 6 tests d'évaluation fonctionnels réalisés), de la qualité de vie (+ 14.7 points sur l'échelle qualité de vie du KOOS) et de la force musculaire sur les quadriceps (+0.84 N/kg) mais pas sur les ischios-jambiers. De plus, les patients du groupe intervention gardaient une activité physique d'une durée supérieure d'1.5 heure par semaine et avaient recours 3.6 fois moins souvent aux infiltrations de genou par rapport au groupe contrôle.

L'étude de Mahmoud comparait différentes intensités de rééducation d'une part (10% du 1RM contre 30% du 1RM) et différents niveaux d'occlusions d'autre part (50% de la POA contre 70%

de POA) dans une population effectuant 4 séries de 15 à 30 répétitions de presse à jambes 3 fois par semaine pendant 8 semaines. Les résultats étaient meilleurs en termes de force musculaire (extenseurs du genou), douleur (EVA) et trophicité musculaire à 30% du 1RM qu'à 10% et à 70% de la POA qu'à 50%. Ces résultats permettent de préciser l'intensité et la pression à appliquer dans cette population et peuvent apporter une réflexion sur les potentielles causes de l'absence de résultats significatifs dans les essais étudiant d'autre populations.

Au total : Chez les patients atteints de gonarthrose, la RFS associée à un renforcement musculaire à faible charge semble avoir des résultats positifs en termes d'évaluation fonctionnelle objective et subjective et sur la qualité de vie ainsi que des effets bénéfiques sur le plan musculaire. Les résultats sur la douleur semblent également prometteurs notamment chez les patients avec une plainte douloureuse légère ou modérée. Ces résultats sont retrouvés à 1 an de suivi et peuvent être maximisés en effectuant le renforcement musculaire à 30% du 1RM plutôt qu'à 10% et avec une pression appliquée de 70% de la POA plutôt que 50%.

5.5 Lombalgies chroniques

Trois études [49,73,74] se sont intéressées à cette population avec des protocoles variables. L'étude de Liu comparait des groupes effectuant 4 séries (30 puis 3 fois 15 répétitions pour le groupe intervention contre 4 x 15 répétitions pour le groupe contrôle) d'exercices de squats, tirage vertical, développé couché et flexion de tronc, 4 fois par semaine pendant 4 semaines. Une occlusion de 70% de POA était appliquée à la racine des membres inférieurs dans le groupe intervention. Ce protocole a montré une amélioration significative en termes de douleur (EVA = -0.78) et d'évaluation fonctionnelle (ODI = - 5.23) dans le groupe intervention par rapport au groupe contrôle sans amélioration conjointe des performances musculaires en endurance et en force des fléchisseurs et extenseurs du tronc.

Les patients de l'étude d'Ampomah effectuaient 3 séries d'exercices de renforcement des membres inférieurs et du tronc (extension de genou, flexion plantaire de cheville et flexion de coude puis extension du rachis à 25% de la FMI) jusqu'à l'échec 2 fois par semaine pendant 10

semaines avec une pression appliquée de manière subjective (pression où les capillaires sanguins mettent 2 à 3 secondes à se remplir) dans le groupe intervention. Ce protocole a montré une amélioration significative de la force musculaire des extenseurs du rachis (+ 14.4 %) dans le groupe intervention par rapport au groupe contrôle sans amélioration des performances musculaires des extenseurs des genou, fléchisseurs plantaires de la cheville, fléchisseurs des coudes ou modification de la trophicité musculaire des quadriceps et extenseurs du rachis. La méthodologie appliquée pour la RFS semble être une limite importante des conclusions de cette étude.

Enfin, l'étude de Werasirirat et coll. évaluait l'effet d'une occlusion à hauteur de 80% de la POA chez des patients effectuant 5 minutes de vélo puis 3 séries de 10 répétitions d'exercices de gainage (3 à 5 exercices) 3 fois par semaine pendant 4 semaines. Elle retrouvait une activité musculaire plus importante dans le groupe intervention dans les muscles multifides, transverses, et grands fessiers (activation à l'EMG respectivement supérieure de 12% ; 17% et 21%) ainsi qu'une hypertrophie musculaire des multifides et transverses (respectivement + 0.40 mm et + 4.21 mm) mais pas des grands fessiers. Une amélioration de l'évaluation fonctionnelle était également notée (-8.11 au MODQ par rapport au GC).

Au total : Chez les patients atteints de lombalgies chroniques, la RFS associée au renforcement musculaire semble avoir des résultats positifs en termes d'évaluation fonctionnelle sans qu'une amélioration de la force ou de la trophicité musculaire ne soit associée de manière certaine.

Auteur	Pathologie	Participants	Modalités d'entrainement	Méthodes d'utilisation de la RFS	Durée et fréquence	Critères de jugements	Résultats
Yang et coll. ; 2023 [63]	FPC (sans PECC)	13 + 12 patients (4 H et 21 F ; 63,5 ans)	30 + 3 x 15 répétitions à 35% du 1RM sur 9 exercices différents (+ RFS pour GI)	50% de la POA jusqu'à réalisation complète de l'exercice avec un brassard de 10 cm	2 x par semaine pendant 6 semaines	Evaluation fonctionnelle (PRWE) ; amplitudes articulaires (flexion, extension, inclinaisons ulnaire et radiale, pronation et supination) ; force musculaire (force de préhension, force de pincement)	Différence significative entre les deux groupes pour le PRWE ($p < 0,01$), la force de préhension ($p = 0,03$), l'inclinaison ulnaire ($p = 0,01$) ; autres résultats = pas de différence significative entre les 2 groupes
Fan et coll. ; 2023 [64]	FRD (avec PECC)	17 + 18 patients 17 H et 18 F ; 46 ans)	30 + 3 x 15 répétitions de préhension, pincement, flexion de poignet isométrique à 20% de la FMI (avec RFS pour le GI) + mobilisation passive	120 mmHg pendant 20 min avec un brassard de 5 cm	5 x par semaine pendant 4 semaines	Douleur (EVA) ; œdème (périmètre de poignet et avant-bras) ; force musculaire (force de préhension, force de pincement, flexion et extension de poignet) ; amplitudes articulaires (flexion et extension de poignet, inclinaison radiale et ulnaire, pronation et supination) ; évaluation fonctionnelle (score de Cooney)	Δ EVA = - 1,11 ($p < 0,05$) ; Δ force de flexion de poignet = + 0,018 ($p < 0,001$) ; Δ œdème de poignet = -1,11 cm ($p < 0,01$) ; Δ force de flexion de poignet = + 0,20 ($p < 0,001$) ; Δ score de Cooney = + 13,74 ($p < 0,01$) ; autres résultats = pas de différence significative entre les 2 groupes
Cancio et coll. ; 2019 [65]	FRD (sans PECC)	6 + 7 patients (6 H et 7 F ; 46,5 ans)	30 + 3 x 15 répétitions de flexion de poignet, extension de poignet, pronation, supination, pince pouce-index, préhension (avec RFS pour le GI) + exercices de mobilités passifs, actifs et actifs-aidés	50% de la POA durant toute la rééducation (max 30 min)	2-3 x par semaine pendant 8 semaines	Evaluation fonctionnelle (PRWE, DASH) ; amplitudes articulaires (flexion, extension, pronation, supination) ; force musculaire (force de préhension, force de pincement) ; douleur (EVA au repos et durant l'activité)	Δ EVA durant l'activité = - 1,7 ($p = 0,03$) ; Δ PWRE = -27,1 ($p=0,01$) ; autres résultats = pas de différence significative entre les 2 groupes
Sgromolo et coll. ; 2020 [66]	FRD (avec PECC)	5 + 4 patients (6 H et 3 F ; 40,1 ans)	30 + 3 x 15 répétitions de flexion de poignet, extension de poignet, pronation, supination, pince pouce-index, préhension (avec RFS pour le GI) + exercices	50% de la POA durant toute la rééducation (max 30 min)	2-3 x par semaine pendant 8 semaines	Evaluation fonctionnelle (PRWE, DASH) ; amplitudes articulaires (flexion, extension, pronation, supination) ; force musculaire (force de préhension, force de pincement) ; douleur	Δ EVA durant l'activité = - 1,5 ($p = 0,03$) ; Δ PWRE = -17,6 ($p=0,01$) ; autres résultats = pas de différence significative entre les 2 groupes

			de mobilités passifs, actifs et actifs-aidés			(EVA au repos et durant l'activité)	
Karanasios et coll. ; 2022 [50]	TLC	23 + 23 patients (24 H et 22 F ; 45,2 ans)	30 + 3 x 15 répétitions de flexion et extension de coude (concentrique-excentrique) à 30% du 1RM puis différents exercices de renforcement de poignet avec RFS + massages doux + auto-exercices	40-50% de la POA (vs < 20% pour le GC)	2 x par semaine pendant 6 semaines	Evaluation fonctionnelle (PRTEE) ; force musculaire (force de préhension sans douleur) ; douleur (EN) ; évolution des symptômes (GROC)	Δ EN = -1,54 (p = 0,026) à 12 semaines ; Δ force de préhension sans douleur = + 20% (p = 0,005) à 12 semaines ; Δ PRTEE = - 11,92 (p = 0,006) à 6 semaines et - 15,23 (p < 0,001) à 12 semaines ; Δ GROC positif = x 6.00 à 6 semaines (p = 0.011) et x 4.09 à 12 semaines (p = 0.018)
Kubo et coll. ; 2024 [67]	Pré-PTG	11 + 11 patients (4 H ; 18 F ; 73 ans)	3 x 10 répétitions de squats, fentes avant et extensions bilatérales de genou à 30% de la FMI avec RFS	100-120 mmHg pour GI vs 20 mmHg pour GC avec un brassard de 21 cm	2-3 x par semaine pendant 4 semaines pré-opératoires	Force musculaire (extension de genou) ; trophicité musculaire (périmètre de cuisse) ; douleur (EN lors de l'extension de genou) ; évaluation fonctionnelle (30SSTST ; TUGT ; SCT, KOOS-ADL) ; qualité de vie (JKOS)	Pas de différences significatives sur l'ensemble des résultats entre les 2 groupes
Jørgensen et coll. ; 2024 [68]	Pré-PTG	42 + 44 patients (37 H et 49 F ; 66,6 ans)	GI : 10 min de vélo puis 30 + 3 x 15 répétitions de presse à jambes et extension de genou à 30% du 1RM + RFS GC : absence d'activité physique	60% de la POA jusqu'à réalisation des 4 séries d'un exercice avec un brassard de 11,7 cm	3 x par semaine pendant 8 semaines	Evaluation fonctionnelle (30SSTST, TUGT, KOOS) ; vitesse de marche (40mWT) ; amplitudes articulaires ; force musculaire (presse à jambe, extension de genou et flexion de genou) ; qualité de vie (EQ-5D-5L)	Δ presse à jambe = + 16,3 kg (p < 0,05) ; Δ extension de genou = + 0,5 Nm/kg (p < 0,05) ; pas de différence statistique pour les autres résultats à 3 mois post-opératoire ; pas de différence statistique à 12 mois post-opératoire
Przkora et coll. ; 2021 [69]	Pré-PTG	6 + 4 patients (3 H et 7 F ; 67,2 ans)	GI : 2 séries par exercice (presse à jambes, extension de genou, flexion de genou, extension de cheville) jusqu'à épuisement à 30% du 1RM + RFS GC : absence d'activité physique	0,5 x PS + 2 x circonférence du membre + 5 jusqu'à réalisation des 2 séries de l'exercice	2-3 x par semaine pendant 4 semaines	Autonomie (SPPB) ; vitesse de marche (T6M) ; douleur (EN) ; force musculaire (extension de genou)	Pas de différences significatives sur l'ensemble des résultats et absence de comparaison du changement entre les deux groupes donc pas de résultat exploitable

Franz et coll. ; 2022 [70]	Pré-PTG	10 + 10 + 10 patients (18 H et 12F ; 63,5 ans)	G1 : absence d'intervention G2 et G3 : 50 min de vélo à 50% de la FC de réserve (+ RFS pour G3)	40% de la POA pendant 3 x 1 min (semaine 1) à 6 min (semaine 6) par jambe	2 x par semaine pendant 6 semaines	Force musculaire (flexion et extension de genou) ; trophicité musculaire (périmètre de cuisse et de jambe) ; vitesse de marche (T6M) ; évaluation fonctionnelle (KOOS)	Δ force musculaire en extension de genou = + 79% entre G3 et G2 ($p < 0,05$) en post-rééducation ; Δ KOOS = + 28% entre G3 et G2 ($p < 0,05$) à 3 mois de la chirurgie et + 93% à 6 mois ($p < 0,01$)
Mahmoud et coll. ; 2021 [71]	GA	18 + 17 patients (35 H ; 59,6 ans)	4 x 15 répétitions de presse à jambes pendant 4 semaines puis 4 fois 30 répétitions pendant 4 semaines G1 : 10% du 1RM G2 : 30% du 1RM	La moitié de chaque groupe : 50% de POA L'autre moitié : 70% de POA	3 x par semaine pendant 8 semaines	Force musculaire (extension de genou) ; trophicité musculaire (CSA du quadriceps) ; douleur (EVA)	Amélioration de la force en extension de genou plus importante à 70% de la POA qu'à 50% ($p < 0,001$) et à 30% du 1RM qu'à 10% ($p < 0,001$) ; amélioration de la CSA du quadriceps plus importante à 70% de POA que 50% ($p = 0,042$) et à 30% du 1RM que 10% ($p < 0,001$) ; diminution de la douleur plus importante à 70% de POA qu'à 50% ($p < 0,001$) et à 30% du 1RM qu'à 10% ($p = 0,011$)
Jacobs et coll. ; 2025 [72]	GA	60 + 60 patients (33 H et 27 F ; 58 ans)	10 min de vélo puis 3 exercices variant tous les mois ciblant les ischios-jambiers, triceps suraux, abducteurs puis 30 + 3 x 15 répétitions d'extension de jambe et presse à jambe (à 30% du 1RM) puis 10 min de vélo	60% de la POA durant les 2 derniers exercices avec un relâchement entre les exercices	2 x par semaine pendant 12 semaines	Douleur (KOOS douleur, PCS), évaluation fonctionnelle (KOOS ADL, KOOS sport, 30SKBT, 30SSTST, T6M, 40MWT, SCT-up, SCT-down), qualité de vie (KOOS QoL), symptômes (KOOS autres symptômes), force musculaire (fléchisseurs et extenseurs de genou)	Δ KOOS douleur = + 9.44 ($p < 0,01$) ; Δ KOOS ADL = 6.95 ($p = 0,01$) ; Δ 30SKBT = 5.19 ($p < 0,01$) ; Δ 30SSTST = 4.73 ($p < 0,01$) ; Δ T6M = + 56.9 m ($p < 0,01$) ; Δ 40MWT = -2.28 s ($p < 0,01$) ; Δ SCT-up = -0.54 s ($p = 0,02$) ; Δ KOOS QoL = + 13.23 ($p < 0,01$) ; Δ KOOS autres symptômes = +9.03 ($p < 0,01$) ; Δ force musculaire des extenseurs de genou = +0.95 N/kg ($p < 0,01$) ; pas de différence significative pour le KOOS sport
Liu et coll. ; 2025 [73]	LC	13 + 13 patients (26 H ; 21,2 ans)	Squats, tirage vertical, développé couché, flexion de tronc GI : 30 + 3 x 15 répétitions à 30% du 1RM + RFS GC : 4 x 15 répétitions à 70% du 1RM	70% de la POA sur les 2 membres concernés pendant les séries avec des brassards de 8 cm	4 x par semaine pendant 4 semaines	Douleur (EVA) ; évaluation fonctionnelle (ODI) ; endurance musculaire (fléchisseurs et extenseurs du tronc) ; force musculaire (fléchisseurs et extenseurs du tronc)	Δ EVA = - 0,78 ($p < 0,05$) ; Δ ODI = - 5,23 ($p < 0,05$) ; autres résultats = pas de différence significative entre les 2 groupes
Ampomah et coll. ; 2019 [74]	LC	14 + 16 patients (12H et 18F ; 29,2 ans)	3 séries d'extension de genou, flexion plantaire et flexion de coude (+ RFS pour le	Pression où les capillaires sanguins	2 x par semaine pendant	Trophicité musculaire (CSA du quadriceps et des extenseurs du rachis) ; force musculaire (extension de	Δ force musculaire des extenseurs du rachis = - 14,4% ($p = 0,04$) ; pas de différences significatives sur les autres résultats

			GI) puis extension du rachis à 25% de la FMI et jusqu'à échec	mettent 2 à 3 s à se remplir	10 semaines	genou, flexion plantaire, flexion de coude et extension du rachis)	
Werasirrat et coll. ; 2025 [49]	LC	19 + 19 patients	5 min de vélo puis 3 x 10 répétitions de 3 à 5 exercices de gainage des stabilisateurs du tronc (+ RFS pour le GI)	80% de la POA durant l'intégralité du renforcement musculaire	3 x par semaine pendant 4 semaines	Activité musculaire (EMG des multifides, transverses et grands fessiers) ; trophicité musculaire (épaisseur musculaire des multifides, transverses et grands fessiers) ; évaluation fonctionnelle (MODQ)	Δ EMG = + 12% (p= 0,04) pour les multifides, + 17% pour le transverse (p = 0,04), + 21% pour le grand fessier (p = 0,04) ; Δ épaisseur musculaire = + 0,40 mm pour le transverse (p < 0,05), + 4,21 mm pour les multifides (p < 0,05), + 5,16 mm pour le grand fessier (p < 0,05) ; Δ MODQ = - 8,11 (p < 0.05)

Figure 14 : Aperçu des études incluses dans la revue systématique de la littérature dans le domaine de la rééducation de l'appareil locomoteur

Discussion

1 Forces et limites de l'étude

Cette revue présente plusieurs points forts. La méthodologie de recherche des articles est novatrice et permet de cibler plus facilement et de manière plus exhaustive les articles en lien avec le sujet considéré à condition d'avoir inclus tous les termes en rapport avec le sujet d'intérêt (par exemple, l'étude de Jacobs sur les patients atteints de gonarthrose n'a pas été retrouvée puisque le terme pour parler de gonarthrose était « *knee osteoarthritis* » alors que seule « *arthrosis* » avait été recherchée dans notre algorithme de recherche). Bien que plusieurs revues aient été réalisées sur certaines populations d'intérêt [34,75–78], notre étude est la première à s'intéresser à l'intérêt de la RFS au sein de l'ensemble des populations accompagnées en MPR. De plus, les études incluses étaient uniquement des essais contrôlés randomisés, qui représentent les études primaires avec le plus haut niveau de preuve dans le domaine avec une évaluation de la qualité méthodologique de chacune d'entre elle (échelle PEDro).

Cependant, plusieurs limites doivent être soulignées. La première concerne l'hétérogénéité des protocoles utilisés, tant en termes de durée, de fréquence et de charge d'entraînement que de modalités d'application de la restriction de flux sanguin. Cette diversité rend difficile la comparaison directe entre certaines études et limite la possibilité de formuler des recommandations standardisées. La seconde limite est liée à la taille restreinte des échantillons inclus dans la plupart des études, qui réduit la puissance statistique et augmente le risque beta. Par ailleurs, dans certaines études la pression appliquée pouvait être individualisée ou absolue sans toujours préciser la largeur du brassard, ou avec une application intermittente ou continue, et avec une grande variabilité entre les études de ces paramètres. Le caractère uni ou bilatéral de l'application de la RFS était également rarement précisé. Tous ces paramètres sont pourtant essentiels pour garantir la reproductibilité et la sécurité des protocoles. De plus, bien que

l'ensemble des études présentât un contrôle, la qualité de celui-ci dans certaines études limitait grandement l'interprétation des résultats. Enfin, certaines populations (ligamentoplastie du ligament croisé antérieur ou syndrome fémoro-patellaire) ont été volontairement ignorées dans cette revue puisque l'intérêt dans ces populations a déjà été montré (cf introduction).

2 Cohérence des résultats et applicabilité

Les résultats de cette revue suggèrent que la restriction de flux sanguin constitue une modalité de rééducation intéressante et potentiellement efficace dans plusieurs populations de patients. Chez les patients atteints de pathologies neurologiques, les résultats montraient un intérêt de l'association entre RFS et renforcement à faible charge dans les cas où l'entraînement à forte charge ne serait pas réalisable puisque des effets similaires entre ces deux protocoles ont été constatés chez les patients atteints d'un AVC. Chez les patients BM ou atteints de SEP, la RFS montre des résultats prometteurs en termes de force musculaire et, dans la deuxième population, de vitesse de marche. Chez les patients atteints de pathologies cardio-vasculaires, les effets de la RFS semblent prometteurs en termes de force musculaire, contrôle tensionnel et modulation neurovégétative dans les différentes populations étudiées à l'exception des patients atteints de BPCO. Enfin, dans les populations atteintes de pathologies de l'appareil locomoteur, les résultats sont positifs à la fois sur la diminution de la douleur, l'évaluation fonctionnelle et la force musculaire chez les patients atteints de fracture du radius distale, gonarthrose ou dans une moindre mesure lombalgie chronique. Les résultats concernant l'intérêt d'une rééducation avec RFS antérieure à une pose de PTG nécessitent des études supplémentaires.

On retrouve donc des résultats qui vont dans le même sens notamment de manière globale dans les différentes sous-populations d'une population d'intérêt. Ceci peut être confirmé par la revue de Cristina-Oliveria [31] qui retrouve un effet positif aigu et chronique sur la santé cardio-vasculaire via une diminution de la pression artérielle. Ce qui est concordant avec le fait que le mécanisme physiologique de la RFS reste le même peu importe la pathologie dont le patient est

atteint. La discordance de certains résultats pourrait s'expliquer par la difficulté à effectuer un renforcement musculaire efficient même à faible charge dans certaines populations de patients fragiles notamment avec pathologies neurologiques et chez les BPCO.

Sur le plan pratique, la RFS pourrait représenter une alternative précieuse chez les patients pour lesquels un entraînement à charge élevée est contre-indiqué, que ce soit en raison d'une fragilité articulaire, d'une douleur ou de comorbidités cardiovasculaires. Ce d'autant plus qu'aucun effet indésirable notable n'a été rapporté dans les 28 études incluses dans notre revue, ce qui vient confirmer le profil sécuritaire de la RFS déjà détaillé dans l'introduction. La société européenne de cardiologie [32] propose une application de la RFS sur des séries de 15 répétitions ou moins avec des pauses inférieures à 90 s entre les séries et des brassards supérieurs à 14 cm au membre inférieur.

3 Perspectives de recherche

Il apparaît nécessaire de mener des études de plus grande ampleur, multicentriques et avec des effectifs suffisants tout en standardisant les protocoles de renforcement musculaire et d'application de la RFS, afin de confirmer les résultats préliminaires observés. Des études comprenant un suivi à plus long terme comme dans l'étude de Jacobs [79] permettraient d'évaluer la durabilité de ces effets. Des études spécifiques concernant les patients atteints de pathologies neuro-musculaires semblent également nécessaires devant l'absence d'étude sur cette population en dehors de l'étude sur les myosites à inclusions sporadiques (pathologie inflammatoire du muscle et non de la jonction neuromusculaire en tant que telle). Bien que quelques travaux commencent à émerger dans ce domaine [80], des études dédiées aux patients atteints de cancer représentent également une perspective importante. Cette population, souvent confrontée à une fonte musculaire, une fatigue chronique et une réduction de la tolérance à l'effort, pourrait tirer un bénéfice spécifique de la restriction de flux sanguin.

Conclusion

L'association de la RFS associée à un entraînement à faible charge semble apporter de nombreux bénéfices dans les populations atteintes de pathologies de l'appareil locomoteur et dans une moindre mesure chez les patients atteints de pathologies cardio-vasculaires. Les résultats chez les patients atteints de pathologies neurologiques ne sont pas suffisamment étayés pour pouvoir conclure.

Liste des figures

Figure 1 : Intensité et nombre de répétitions préconisées selon l'objectif d'après E. CHABLOZ du CHU de Lausanne.....	12
Figure 2 : Mécanismes de l'hypertrophie musculaire via la RFS d'après [3]	13
Figure 3 : Mécanismes du réflexe presseur induit par l'exercice selon [14]	16
Figure 4 : Etat des lieux des pressions utilisées dans les études de RFS selon [17]	17
Figure 5 : POA au niveau du membre supérieur selon la largeur du brassard utilisée selon [17]	18
Figure 6 : Différents types de brassards et leurs caractéristiques selon [3]	19
Figure 7 : Evénements indésirables les plus fréquents (adaptation par [3] du tableau de [25]) .	21
Figure 8 : Contre-indications absolues et relatives à l'utilisation de la RFS retenues par l'auteur	24
Figure 9 : Recommandations sur le protocole d'entraînement avec RFS adaptées de [21].....	25
Figure 10 : Termes utilisés pour l'équation de recherche.....	28
Figure 11: Diagramme de flux de la revue de littérature	30
Figure 12 : Aperçu des études incluses dans la revue systématique de la littérature dans le domaine de la rééducation neurologique	37
Figure 13 : Aperçu des études incluses dans la revue systématique de la littérature dans le domaine de la rééducation cardiaque et respiratoire	43
Figure 14 : Aperçu des études incluses dans la revue systématique de la littérature dans le domaine de la rééducation de l'appareil locomoteur	54

Bibliographie

- [1] Grønfeldt BM, Lindberg Nielsen J, Mieritz RM, Lund H, Aagaard P. Effect of blood-flow restricted vs heavy-load strength training on muscle strength: Systematic review and meta-analysis. *Scand J Med Sci Sports* 2020;30:837–48. <https://doi.org/10.1111/sms.13632>.
- [2] Hwang PS, Willoughby DS. Mechanisms Behind Blood Flow–Restricted Training and its Effect Toward Muscle Growth. *J Strength Cond Res* 2019;33:S167. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002384>.
- [3] Entraînement avec occlusion vasculaire: mécanismes et applications | Request PDF. ResearchGate n.d. <https://doi.org/10.53738/REVMED.2022.18.790-2.1464>.
- [4] Li S, Li S, Wang L, Quan H, Yu W, Li T, et al. The Effect of Blood Flow Restriction Exercise on Angiogenesis-Related Factors in Skeletal Muscle Among Healthy Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Front Physiol* 2022;13:814965. <https://doi.org/10.3389/fphys.2022.814965>.
- [5] Loenneke JP, Abe T, Wilson JM, Ugrinowitsch C, Bembien MG. Blood flow restriction: how does it work? *Front Physiol* 2012;3:392. <https://doi.org/10.3389/fphys.2012.00392>.
- [6] Schoenfeld BJ. Potential mechanisms for a role of metabolic stress in hypertrophic adaptations to resistance training. *Sports Med Auckl NZ* 2013;43:179–94. <https://doi.org/10.1007/s40279-013-0017-1>.
- [7] Velloso CP. Regulation of muscle mass by growth hormone and IGF-I. *Br J Pharmacol* 2008;154:557–68. <https://doi.org/10.1038/bjp.2008.153>.
- [8] Tatsumi R, Hattori A, Ikeuchi Y, Anderson JE, Allen RE. Release of hepatocyte growth factor from mechanically stretched skeletal muscle satellite cells and role of pH and nitric oxide. *Mol Biol Cell* 2002;13:2909–18. <https://doi.org/10.1091/mbc.e02-01-0062>.
- [9] Schiaffino S, Dyar KA, Ciciliot S, Blaauw B, Sandri M. Mechanisms regulating skeletal muscle growth and atrophy. *FEBS J* 2013;280:4294–314. <https://doi.org/10.1111/febs.12253>.
- [10] Fry CS, Glynn EL, Drummond MJ, Timmerman KL, Fujita S, Abe T, et al. Blood flow restriction exercise stimulates mTORC1 signaling and muscle protein synthesis in older men. *J Appl Physiol Bethesda Md* 1985 2010;108:1199–209. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.01266.2009>.
- [11] Abe T, Kearns CF, Sato Y. Muscle size and strength are increased following walk training with restricted venous blood flow from the leg muscle, Kaatsu-walk training. *J Appl Physiol Bethesda Md* 1985 2006;100:1460–6. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.01267.2005>.
- [12] Kacin A, Strazar K. Frequent low-load ischemic resistance exercise to failure enhances muscle oxygen delivery and endurance capacity. *Scand J Med Sci Sports* 2011;21:e231–241. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2010.01260.x>.
- [13] Grotle A-K, Macefield VG, Farquhar WB, O’Leary DS, Stone AJ. Recent advances in exercise pressor reflex function in health and disease. *Auton Neurosci Basic Clin* 2020;228:102698. <https://doi.org/10.1016/j.autneu.2020.102698>.
- [14] Mitchell JH. Abnormal cardiovascular response to exercise in hypertension: contribution of neural factors. *Am J Physiol-Regul Integr Comp Physiol* 2017;312:R851–63. <https://doi.org/10.1152/ajpregu.00042.2017>.

- [15] Effects of Low-Load, Elastic Band Resistance Training Combined With Blood Flow Restriction on Muscle Size and Arterial Stiffness in Older Adults | The Journals of Gerontology: Series A | Oxford Academic n.d. <https://academic-oup-com.ressources-electroniques.univ-lille.fr/biomedgerontology/article/70/8/950/2947617?login=true> (accessed July 17, 2025).
- [16] Session rating of perceived exertion following resistance exercise with blood flow restriction - Vieira - 2015 - Clinical Physiology and Functional Imaging - Wiley Online Library n.d. <https://onlinelibrary-wiley-com.ressources-electroniques.univ-lille.fr/doi/10.1111/cpf.12128> (accessed July 17, 2025).
- [17] Jessee MB, Buckner SL, Dankel SJ, Counts BR, Abe T, Loenneke JP. The Influence of Cuff Width, Sex, and Race on Arterial Occlusion: Implications for Blood Flow Restriction Research. *Sports Med* 2016;46:913–21. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0473-5>.
- [18] McEwen JA, Owens JG, Jeyasurya J. Why is it Crucial to Use Personalized Occlusion Pressures in Blood Flow Restriction (BFR) Rehabilitation? *J Med Biol Eng* 2019;39:173–7. <https://doi.org/10.1007/s40846-018-0397-7>.
- [19] Graham B, Breault MJ, McEwen JA, McGraw RW. Occlusion of arterial flow in the extremities at subsystolic pressures through the use of wide tourniquet cuffs. *Clin Orthop* 1993:257–61.
- [20] Mouser JG, Dankel SJ, Jessee MB, Mattocks KT, Buckner SL, Counts BR, et al. A tale of three cuffs: the hemodynamics of blood flow restriction. *Eur J Appl Physiol* 2017;117:1493–9. <https://doi.org/10.1007/s00421-017-3644-7>.
- [21] Patterson SD, Hughes L, Warmington S, Burr J, Scott BR, Owens J, et al. Blood Flow Restriction Exercise: Considerations of Methodology, Application, and Safety. *Front Physiol* 2019;10:533. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.00533>.
- [22] Lorenz DS, Bailey L, Wilk KE, Mangine RE, Head P, Grindstaff TL, et al. Blood Flow Restriction Training 2021. <https://doi.org/10.4085/418-20>.
- [23] Acute cardiovascular response to unilateral, bilateral, and alternating resistance exercise with blood flow restriction - PubMed n.d. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32588194/> (accessed July 21, 2025).
- [24] Stanford DM, Park J, Jessee MB. Unilateral, bilateral, and alternating muscle actions elicit similar muscular responses during low load blood flow restriction exercise. *Eur J Appl Physiol* 2021;121:2879–91. <https://doi.org/10.1007/s00421-021-04757-7>.
- [25] Nakajima T, Kurano M, Iida H, Takano H, Oonuma H, Morita T, et al. Use and safety of KAATSU training: Results of a national survey. *Int J KAATSU Train Res* 2006;2:5–13. <https://doi.org/10.3806/ijtr.2.5>.
- [26] Klatsky AL, Armstrong MA, Poggi J. Risk of pulmonary embolism and/or deep venous thrombosis in Asian-Americans. *Am J Cardiol* 2000;85:1334–7. [https://doi.org/10.1016/s0002-9149\(00\)00766-9](https://doi.org/10.1016/s0002-9149(00)00766-9).
- [27] Nascimento D da C, Petriz B, Oliveira S da C, Vieira DCL, Funghetto SS, Silva AO, et al. Effects of blood flow restriction exercise on hemostasis: a systematic review of randomized and non-randomized trials. *Int J Gen Med* 2019;12:91–100. <https://doi.org/10.2147/IJGM.S194883>.
- [28] Kambič T, Novaković M, Tomažin K, Strojnik V, Božič-Mijovski M, Jug B. Hemodynamic and Hemostatic Response to Blood Flow Restriction Resistance Exercise in Coronary Artery Disease: A Pilot Randomized Controlled Trial. *J Cardiovasc Nurs* 2021;36:507–16. <https://doi.org/10.1097/JCN.0000000000000699>.
- [29] Ogawa H, Nakajima T, Shibasaki I, Nasuno T, Kaneda H, Katayanagi S, et al. Low-Intensity Resistance Training with Moderate Blood Flow Restriction Appears Safe and

Increases Skeletal Muscle Strength and Size in Cardiovascular Surgery Patients: A Pilot Study. *J Clin Med* 2021;10:547. <https://doi.org/10.3390/jcm10030547>.

- [30] Yamanaka T, Farley RS, Caputo JL. Occlusion training increases muscular strength in division IA football players. *J Strength Cond Res* 2012;26:2523–9. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31823f2b0e>.
- [31] Cristina-Oliveira M, Meireles K, Spranger MD, O’Leary DS, Roschel H, Peçanha T. Clinical safety of blood flow-restricted training? A comprehensive review of altered muscle metaboreflex in cardiovascular disease during ischemic exercise. *Am J Physiol - Heart Circ Physiol* 2020;318:H90–109. <https://doi.org/10.1152/ajpheart.00468.2019>.
- [32] Kambic T, Jug B, Piepoli MF, Lainscak M. Is blood flow restriction resistance training the missing piece in cardiac rehabilitation of frail patients? *Eur J Prev Cardiol* 2023;30:117–22. <https://doi.org/10.1093/eurjpc/zwac048>.
- [33] Renzi CP, Tanaka H, Sugawara J. Effects of leg blood flow restriction during walking on cardiovascular function. *Med Sci Sports Exerc* 2010;42:726–32. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181bdb454>.
- [34] Jønsson AB, Krogh S, Laursen HS, Aagaard P, Kasch H, Nielsen JF. Safety and efficacy of blood flow restriction exercise in individuals with neurological disorders: A systematic review. *Scand J Med Sci Sports* 2024;34:e14561. <https://doi.org/10.1111/sms.14561>.
- [35] Krogh S, Jønsson AB, Vibjerg J, Severinsen K, Aagaard P, Kasch H. Feasibility and safety of 4 weeks of blood flow-restricted exercise in an individual with tetraplegia and known autonomic dysreflexia: a case report. *Spinal Cord Ser Cases* 2020;6:83. <https://doi.org/10.1038/s41394-020-00335-9>.
- [36] Perera E, Zhu XM, Horner NS, Bedi A, Ayeni OR, Khan M. Effects of Blood Flow Restriction Therapy for Muscular Strength, Hypertrophy, and Endurance in Healthy and Special Populations: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Clin J Sport Med* 2022;32:531. <https://doi.org/10.1097/JSM.0000000000000991>.
- [37] Acute Physiological Responses to Resistance Exercise With Continuous Versus Intermittent Blood Flow Restriction: A Randomized Controlled Trial - PubMed n.d. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32256374/> (accessed July 25, 2025).
- [38] Wilk M, Gepfert M, Krzysztofik M, Stastny P, Zajac A, Bogdanis GC. Acute Effects of Continuous and Intermittent Blood Flow Restriction on Movement Velocity During Bench Press Exercise Against Different Loads. *Front Physiol* 2020;11:569915. <https://doi.org/10.3389/fphys.2020.569915>.
- [39] Fitschen PJ, Kistler BM, Jeong JH, Chung HR, Wu PT, Walsh MJ, et al. Perceptual effects and efficacy of intermittent or continuous blood flow restriction resistance training. *Clin Physiol Funct Imaging* 2014;34:356–63. <https://doi.org/10.1111/cpf.12100>.
- [40] Sinclair P, Kadhum M, Paton B. Tolerance to Intermittent vs. Continuous Blood Flow Restriction Training: A meta-Analysis. *Int J Sports Med* 2022;43:3–10. <https://doi.org/10.1055/a-1537-9886>.
- [41] M S, M K, T Y, T F. Efficacy of tourniquet ischemia for strength training with low resistance. *Eur J Appl Physiol* 1998;77. <https://doi.org/10.1007/s004210050319>.
- [42] N van M, Re van C, F B, C N, T van T, W H, et al. Evidence-based clinical practice update: practice guidelines for anterior cruciate ligament rehabilitation based on a systematic review and multidisciplinary consensus. *Br J Sports Med* 2016;50. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-095898>.
- [43] Lm K, B G, Rw W. Rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review. *J Bone Joint Surg Am* 2012;94. <https://doi.org/10.2106/JBJS.K.01246>.

- [44] Effects of Blood Flow Restriction Training in Patients before and after Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Systematic Review and Meta-Analysis n.d. https://www.mdpi.com/2227-9032/12/12/1231?utm_source=chatgpt.com (accessed July 26, 2025).
- [45] Aspetar clinical practice guideline on rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction | British Journal of Sports Medicine n.d. https://bjsm.bmj.com/content/57/9/500?utm_source=chatgpt.com (accessed July 26, 2025).
- [46] L G, Ke W, J M, JI C. Quadriceps strengthening with and without blood flow restriction in the treatment of patellofemoral pain: a double-blind randomised trial. *Br J Sports Med* 2017;51. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-096329>.
- [47] Korakakis V, Whiteley R, Giakas G. Low load resistance training with blood flow restriction decreases anterior knee pain more than resistance training alone. A pilot randomised controlled trial. *Phys Ther Sport* 2018;34:121–8. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2018.09.007>.
- [48] Bane A, Wilson L, Jumper J, Spindler L, Wyatt P, Willoughby D. Effects of Blood Flow Restriction Resistance Training on Autonomic and Endothelial Function in Persons with Parkinson's Disease. *J Park Dis* 2024;14:761–75. <https://doi.org/10.3233/JPD-230259>.
- [49] Werasirirat P, Namsawang J, Singhasoot N, Luangpon N, Snieckus A, Muanjai P. Effect of blood flow restriction training with core stabilization exercise on muscle activity and muscle thickness in subjects with nonspecific chronic low back pain. *J Back Musculoskelet Rehabil* 2025;10538127251343856. <https://doi.org/10.1177/10538127251343856>.
- [50] Karanasios S, Korakakis V, Moutzouri M, Xergia SA, Tsepis E, Giotfos G. Low-Load Resistance Training With Blood Flow Restriction Is Effective for Managing Lateral Elbow Tendinopathy: A Randomized, Sham-Controlled Trial. *J Orthop Sports Phys Ther* 2022;52:803–25. <https://doi.org/10.2519/jospt.2022.11211>.
- [51] Feng Y, Wen F, Ahmad I, Chen Y, Ye W, Jiang H, et al. Does exercise training combined with blood flow restriction improve muscle mass, lower extremity function, and walking capacity in hemiplegic patients? A randomized clinical trial. *Top Stroke Rehabil* 2025;1–10. <https://doi.org/10.1080/10749357.2025.2482390>.
- [52] Ahmed I, Mustafaoglu R, Erhan B. The effects of low-intensity resistance training with blood flow restriction versus traditional resistance exercise on lower extremity muscle strength and motor function in ischemic stroke survivors: a randomized controlled trial. *Top Stroke Rehabil* 2024;31:418–29. <https://doi.org/10.1080/10749357.2023.2259170>.
- [53] Jønsson AB, Krogh S, Lillelund S, Aagaard P, Kasch H, Nielsen JF. Efficacy of Blood Flow Restriction Exercise for Improving Lower Limb Muscle Strength and Function in Chronic Spinal Cord Injury: A Randomized Controlled Trial. *Scand J Med Sci Sports* 2024;34:e14759. <https://doi.org/10.1111/sms.14759>.
- [54] Shadgan B, Nourizadeh M, Saremi Y, Baktash L, Lazarevic S. Enhancing upper extremity muscle strength in individuals with spinal cord injury using low-intensity blood flow restriction exercise. *J Rehabil Med* 2024;56:jrm40608. <https://doi.org/10.2340/jrm.v56.40608>.
- [55] Schmidt JT, Reedy KR, Lubiak SM, Howard MA, Proppe CE, Rivera PM, et al. The Impact of Blood Flow Restriction and Resistance Training on Functional Outcomes and Fatigue in People with Multiple Sclerosis. *Med Sci Sports Exerc* 2025. <https://doi.org/10.1249/MSS.00000000000003747>.
- [56] Lamberti N, Straudi S, Donadi M, Tanaka H, Basaglia N, Manfredini F. Effectiveness of blood flow-restricted slow walking on mobility in severe multiple sclerosis: A pilot

randomized trial. *Scand J Med Sci Sports* 2020;30:1999–2009. <https://doi.org/10.1111/sms.13764>.

- [57] Jørgensen AN, Jensen KY, Nielsen JL, Frandsen U, Hvid LG, Bjørnshauge M, et al. Effects of blood-flow restricted resistance training on mechanical muscle function and thigh lean mass in sIBM patients. *Scand J Med Sci Sports* 2022;32:359–71. <https://doi.org/10.1111/sms.14079>.
- [58] Groennebaek T, Sieljacks P, Nielsen R, Pryds K, Jespersen NR, Wang J, et al. Effect of Blood Flow Restricted Resistance Exercise and Remote Ischemic Conditioning on Functional Capacity and Myocellular Adaptations in Patients With Heart Failure. *Circ Heart Fail* 2019;12:e006427. <https://doi.org/10.1161/CIRCHEARTFAILURE.119.006427>.
- [59] Lau CW, Leung SY, Wah SH, Yip CW, Wong WY, Chan KS. Effect on muscle strength after blood flow restriction resistance exercise in early in-patient rehabilitation of post-chronic obstructive pulmonary disease acute exacerbation, a single blinded, randomized controlled study. *Chron Respir Dis* 2023;20:14799731231211845. <https://doi.org/10.1177/14799731231211845>.
- [60] Kohlbrenner D, Kuhn M, Manettas A, Aregger C, Peterer M, Greco N, et al. Low-load blood flow restriction strength training in patients with COPD: a randomised single-blind pilot study. *Thorax* 2024;79:340–8. <https://doi.org/10.1136/thorax-2023-220546>.
- [61] Lisspers K, Larsson K, Janson C, Stållberg B, Tsiligianni I, Gutzwiller FS, et al. Gender differences among Swedish COPD patients: results from the ARCTIC, a real-world retrospective cohort study. *NPJ Prim Care Respir Med* 2019;29:45. <https://doi.org/10.1038/s41533-019-0157-3>.
- [62] Lopes KG, Farinatti P, Bottino DA, DE Souza MDGC, Maranhão PA, Bouskela E, et al. Does Resistance Training with Blood Flow Restriction Affect Blood Pressure and Cardiac Autonomic Modulation in Older Adults? *Int J Exerc Sci* 2021;14:410–22. <https://doi.org/10.70252/OXXF4710>.
- [63] Yang M, Liang B, Zhao X, Wang Y, Xue M, Wang D. BFR Training Improves Patients' Reported Outcomes, Strength, and Range of Motion After Casting for Colles' Fracture. *Med Sci Sports Exerc* 2023;55:1985–94. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000003228>.
- [64] Fan Y, Bai D, Cheng C, Tian G. The effectiveness and safety of blood flow restriction training for the post-operation treatment of distal radius fracture. *Ann Med* 2023;55:2240329. <https://doi.org/10.1080/07853890.2023.2240329>.
- [65] Cancio JM, Sgromolo NM, Rhee PC. Blood Flow Restriction Therapy after Closed Treatment of Distal Radius Fractures. *J Wrist Surg* 2019;8:288–94. <https://doi.org/10.1055/s-0039-1685455>.
- [66] Sgromolo NM, Cancio JM, Rhee PC. Safety and Efficacy of Blood Flow Restriction Therapy after Operative Management of Distal Radius Fractures: A Randomized Controlled Study. *J Wrist Surg* 2020;9:345–52. <https://doi.org/10.1055/s-0040-1712504>.
- [67] Kubo Y, Fujita D, Sugiyama S, Takachu R, Sugiura T, Sawada M, et al. Safety and Effects of a Four-Week Preoperative Low-Load Resistance Training With Blood Flow Restriction on Pre- and Postoperative Quadriceps Strength in Patients Undergoing Total Knee Arthroplasty: A Single-Blind Randomized Controlled Trial. *Cureus* 2024;16:e64466. <https://doi.org/10.7759/cureus.64466>.
- [68] Jørgensen SL, Aagaard P, Bohn MB, Hansen P, Hansen PM, Holm C, et al. The Effect of Blood Flow Restriction Exercise Prior to Total Knee Arthroplasty on Postoperative Physical Function, Lower Limb Strength and Patient-Reported Outcomes: A Randomized Controlled Trial. *Scand J Med Sci Sports* 2024;34:e14750. <https://doi.org/10.1111/sms.14750>.

- [69] Przkora R, Sibille K, Victor S, Meroney M, Leeuwenburgh C, Gardner A, et al. Blood flow restriction exercise to attenuate postoperative loss of function after total knee replacement: a randomized pilot study. *Eur J Transl Myol* 2021;31:9932. <https://doi.org/10.4081/ejtm.2021.9932>.
- [70] Franz A, Ji S, Bittersohl B, Zilkens C, Behringer M. Impact of a Six-Week Prehabilitation With Blood-Flow Restriction Training on Pre- and Postoperative Skeletal Muscle Mass and Strength in Patients Receiving Primary Total Knee Arthroplasty. *Front Physiol* 2022;13:881484. <https://doi.org/10.3389/fphys.2022.881484>.
- [71] Optimal parameters of blood flow restriction and resistance training on quadriceps strength and cross-sectional area and pain in knee osteoarthritis - Record details - Embase n.d. <https://www-embase-com.ressources-electroniques.univ-lille.fr/records?subaction=viewrecord&rid=24&page=6&id=L636482613> (accessed June 22, 2025).
- [72] Jacobs E, Stroobant L, Victor J, Elewaut D, Tampere T, Wallaert S, et al. Vascular occlusion for optimising the functional improvement in patients with knee osteoarthritis: a randomised controlled trial. *Ann Rheum Dis* 2025;84:341–50. <https://doi.org/10.1136/ard-2024-226579>.
- [73] Liu Y, Liu J, Liu M, Wang M. The effect of blood flow restriction training on core muscle strength and pain in male collegiate athletes with chronic non-specific low back pain. *Front Public Health* 2024;12:1496482. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2024.1496482>.
- [74] Ampomah K, Amano S, Wages NP, Volz L, Clift R, Ludin AFM, et al. Blood Flow-restricted Exercise Does Not Induce a Cross-Transfer of Effect: A Randomized Controlled Trial. *Med Sci Sports Exerc* 2019;51:1817–27. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001984>.
- [75] Pitsillides A, Stasinopoulos D, Mamais I. Blood flow restriction training in patients with knee osteoarthritis: Systematic review of randomized controlled trials. *J Bodyw Mov Ther* 2021;27:477–86. <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2021.04.015>.
- [76] Robertson I, Lazarides M, Butler CR. Blood Flow Restriction Therapy for Use After Extremity Fracture: A Critically Appraised Topic. *J Sport Rehabil* 2023;32:102–6. <https://doi.org/10.1123/jsr.2022-0166>.
- [77] Blázquez-Fernández A, Marcos-Antón S, Cano-de-la-Cuerda R. Effectiveness and Feasibility of Blood Flow Restriction Training for People with Multiple Sclerosis: A Systematic Review. *Neurol Int* 2024;16:1385–404. <https://doi.org/10.3390/neurolint16060104>.
- [78] Cahalin LP, Formiga MF, Owens J, Anderson B, Hughes L. Beneficial Role of Blood Flow Restriction Exercise in Heart Disease and Heart Failure Using the Muscle Hypothesis of Chronic Heart Failure and a Growing Literature. *Front Physiol* 2022;13:924557. <https://doi.org/10.3389/fphys.2022.924557>.
- [79] Jacobs E, Stroobant L, Witvrouw E, Victor J, Acx F, van der Jeugt J, et al. Sustained benefits of blood flow restriction therapy in knee osteoarthritis rehabilitation: 1-year follow-up of a randomised controlled trial. *Br J Sports Med* 2025;bjsports-2024-109524. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2024-109524>.
- [80] Vinolo-Gil MJ, García-Campanario I, Estebanez-Pérez M-J, Pastora-Bernal J-M, Rodríguez-Huguet M, Martín-Vega FJ. Blood Flow Restriction in Oncological Patients: Advantages and Safety Considerations. *Healthc Basel Switz* 2023;11:2062. <https://doi.org/10.3390/healthcare11142062>.
- [81] Gedda M. Traduction française des lignes directrices PRISMA pour l'écriture et la lecture des revues systématiques et des méta-analyses. *Kinésithérapie Rev* 2015;15:39–44. <https://doi.org/10.1016/j.kine.2014.11.004>.

Annexes

Annexe 1 : Traduction française originale de la liste de contrôle PRISMA 2009 selon [81]

Section/sujet	N°	Critères de contrôle	Page N°
TITRE			
Titre	1	Identifier le rapport comme une revue systématique, une méta-analyse, ou les deux.	
RÉSUMÉ			
Résumé structuré	2	Fournir un résumé structuré incluant, si applicable : contexte ; objectifs ; sources des données ; critères d'éligibilité des études, populations, et interventions ; évaluation des études et méthodes de synthèse ; résultats ; limites ; conclusions et impacts des principaux résultats ; numéro d'enregistrement de la revue systématique.	
INTRODUCTION			
Contexte	3	Justifier la pertinence de la revue par rapport à l'état actuel des connaissances.	
Objectifs	4	Déclarer explicitement les questions traitées en se référant aux participants, interventions, comparaisons, résultats, et à la conception de l'étude (<i>PICOS^a</i>).	
MÉTHODE			
Protocole et enregistrement	5	Indiquer si un protocole de revue de la littérature existe, s'il peut être consulté et où (par exemple, l'adresse web), et, le cas échéant, fournir des informations d'identification, y compris le numéro d'enregistrement.	
Critères d'éligibilité	6	Spécifier les caractéristiques de l'étude (par exemple, <i>PICOS</i> , durée de suivi) et les caractéristiques du rapport (par exemple, années considérées, langues, statuts de publication) utilisées comme critères d'éligibilité, et justifier ce choix.	
Sources d'information	7	Décrire toutes les sources d'information (par exemple : bases de données avec la période couverte, échange avec les auteurs pour identifier des études complémentaires) de recherche et la date de la dernière recherche.	
Recherche	8	Présenter la stratégie complète de recherche automatisée d'au moins une base de données, y compris les limites décidées, de sorte qu'elle puisse être reproduite.	
Sélection des études	9	Indiquer le processus de sélection des études (c.-à-d. : triage, éligibilité, inclusion dans la revue systématique, et, le cas échéant, inclusion dans la méta-analyse).	
Extraction des données	10	Décrire la méthode d'extraction de données contenues dans les rapports (par exemple : formulaires pré-établis, librement, en double lecture) et tous les processus d'obtention et de vérification des données auprès des investigateurs.	
Données	11	Lister et définir toutes les variables pour lesquelles des données ont été recherchées (par exemple : <i>PICOS</i> , sources de financement) et les suppositions et simplifications réalisées.	
Risque de biais inhérent à chacune des études	12	Décrire les méthodes utilisées pour évaluer le risque de biais de chaque étude (en spécifiant si celui-ci se situe au niveau de l'étude ou du résultat), et comment cette information est utilisée dans la synthèse des données.	
Quantification des résultats	13	Indiquer les principales métriques de quantification des résultats (par exemple : <i>risk ratio</i> , différence entre les moyennes).	
Synthèse des résultats	14	Décrire les méthodes de traitement des données et de combinaison des résultats des études, si effectué, y compris les tests d'hétérogénéité (par exemple : I^2) pour chaque méta-analyse.	
Risque de biais transversal aux études	15	Spécifier toute quantification du risque de biais pouvant altérer le niveau de preuve global (par exemple : biais de publication, rapport sélectif au sein des études).	
Analyses complémentaires	16	Décrire les méthodes des analyses complémentaires (par exemple : analyses de sensibilité ou en sous-groupes, méta-régression), si effectuées, en indiquant celles qui étaient prévues <i>a priori</i> .	

Section/sujet	N°	Critères de contrôle	Page N°
RÉSULTATS			
Sélection des études	17	Indiquer le nombre d'études triées, examinées en vue de l'éligibilité, et incluses dans la revue, avec les raisons d'exclusion à chaque étape, de préférence sous forme d'un diagramme de flux.	
Caractéristiques des études sélectionnées	18	Pour chaque étude, présenter les caractéristiques pour lesquelles des données ont été extraites (par exemple : taille de l'étude, PICOS, période de suivi) et fournir les références.	
Risque de biais relatif aux études	19	Présenter les éléments sur le risque de biais de chaque étude et, si possible, toute évaluation des conséquences sur les résultats (voir item 12).	
Résultats de chaque étude	20	Pour tous les résultats considérés (positifs ou négatifs), présenter, pour chaque étude : (a) une brève synthèse des données pour chaque groupe d'intervention ; (b) les ampleurs d'effets estimés et leurs intervalles de confiance, idéalement avec un graphique en forêt (<i>forest plot</i>).	
Synthèse des résultats	21	Présenter les principaux résultats de chaque méta-analyse réalisée, incluant les intervalles de confiance et les tests d'hétérogénéité.	
Risque de biais transversal aux études	22	Présenter les résultats de l'évaluation du risque de biais transversal aux études (voir item 15).	
Analyse complémentaire	23	Le cas échéant, donner les résultats des analyses complémentaires (par exemple : analyses de sensibilité ou en sous-groupes, méta-régression [voir item 16]).	
DISCUSSION			
Synthèse des niveaux de preuve	24	Résumer les principaux résultats, ainsi que leur niveau de preuve pour chacun des principaux critères de résultat ; examiner leur pertinence selon les publics concernés (par exemple : établissements ou professionnels de santé, usagers et décideurs).	
Limites	25	Discuter des limites au niveau des études et de leurs résultats (par exemple : risque de biais), ainsi qu'au niveau de la revue (par exemple : récupération incomplète de travaux identifiés, biais de notification).	
Conclusions	26	Fournir une interprétation générale des résultats dans le contexte des autres connaissances établies, et les impacts pour de futures études.	
FINANCEMENT			
Financement	27	Indiquer les sources de financement de la revue systématique et toute autre forme d'aide (par exemple : fourniture de données) ; rôle des financeurs pour la revue systématique.	

Annexe 2 : Traduction française de l'échelle PEDro selon la HAS

1. les critères d'éligibilité ont été précisés	non ☐	oui ☐	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 ☐	oui ☐	où:
3. la répartition a respecté une assignation secrète	non ☐	oui ☐	où:
4. les groupes étaient similaires au début de l'étude au regard des indicateurs pronostiques les plus importants	non ☐	oui ☐	où:
5. tous les sujets étaient "en aveugle"	non ☐	oui ☐	où:
6. tous les thérapeutes ayant administré le traitement étaient "en aveugle"	non ☐	oui ☐	où:
7. tous les examinateurs étaient "en aveugle" pour au moins un des critères de jugement essentiels	non ☐	oui ☐	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 ☐	oui ☐	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 ☐	oui ☐	où:
10. les résultats des comparaisons statistiques intergroupes sont indiqués pour au moins un des critères de jugement essentiels	non ☐	oui ☐	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 ☐	oui ☐	où:

Annexe 3 : Evaluation de la qualité méthodologique des études incluses dans la revue systématique de la littérature à travers l'outil PEDro

Auteur et date	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Total (/10)
REEDUCATION NEUROLOGIQUE												
Feng et coll. ; 2025	1	1	1	0	0	0	1	1	0	1	0	5
Lamberti et coll. ; 2020	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	7
Jørgensen et coll. ; 2022	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	0	6
Jønson et coll. ; 2024	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	6
Shagdan et coll. ; 2024	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	7
Ahmed et coll. ; 2023	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	7
Schmidt et coll. ; 2025	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	5
REEDUCATION CARDIO-RESPIRATOIRE												
Kambič et coll. ; 2019	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	6
Lopes et coll. ; 2021	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	7
Groennebaek et coll. ; 2019	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	6
Lau et coll. ; 2023	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	5
Bane et coll. ; 2024	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	5
Ogawa et coll. ; 2021	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	7
Kohlbrener et coll. ; 2023	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	0	6
REEDUCATION DE L'APPAREIL LOCOMOTEUR												

Yang et coll. ; 2023	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	6
Przkora et coll. ; 2021	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	6
Cancio et coll. ; 2019	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	6
Ampomah et coll. ; 2019	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	7
Werasirirat et coll. ; 2025	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	6
Franz et coll. ; 2022	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	7
Jacobs et coll ; 2025	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	7
Karanasios et coll. ; 2022	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	8
Mahmoud et coll. ; 2021	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	7
Kubo et coll. ; 2024	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	7
Sgromolo et coll. ; 2020	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	6
Jørgensen et coll. ; 2024	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	6
Liu et coll. ; 2025	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	7
Fan et coll. ; 2023	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	7

La première colonne sert à évaluer la validité externe et n'est pas incluse dans le score PEDro

AUTEUR : Nom : GISSEROT Prénom : Constantin

Date de Soutenance : 31/10/2025

Titre de la Thèse : Intérêt de la technique par restriction de flux sanguin en médecine physique et de réadaptation : une revue systématique de la littérature

Thèse - Médecine - Lille 2025

Cadre de classement : Médecine

DES + FST ou option : Médecine Physique et de Réadaptation ; Médecine du Sport

Mots-clés : Restriction de flux sanguin ; Médecine Physique et de Réadaptation ; Rééducation

Résumé :

Contexte : La restriction de flux sanguin (RFS) est une méthode utilisée de manière reconnue pour favoriser l'hypertrophie et l'augmentation de la masse musculaire en médecine du sport. Toutefois, il n'existe pas d'état des lieux de l'intérêt de cette méthode dans les populations de rencontrées en médecine physique et de réadaptation pour lesquelles un renforcement musculaire à charge élevée n'est pas toujours réalisable.

Matériel et Méthodes : Une revue systématique de la littérature a été réalisée selon les recommandations PRISMA sur les bases PubMed, Embase et Cochrane (janvier 1960-juillet 2025). Les essais contrôlés randomisés comparant la RFS associée à l'exercice à une prise en charge habituelle en médecine physique et de réadaptation (M.P.R.) ont été inclus. Les études devaient concerner des affections neurologiques, cardio-respiratoires ou locomotrices couramment rencontrées en MPR. La qualité méthodologique a été évaluée par l'échelle PEDro.

Résultats : Parmi 1286 articles recensés, 28 ont été inclus : 8 sur les pathologies neurologiques/neuromusculaires, 6 sur les pathologies cardio-respiratoires ou facteurs de risque, et 14 sur les affections locomotrices. Les résultats suggèrent que la RFS, associée à des charges légères, améliore la force et la trophicité musculaire, avec des bénéfices variables selon la pathologie. En pathologie neurologique, une hypertrophie musculaire est observée sans gain fonctionnel significatif. En pathologie cardio-respiratoire, des effets favorables sur la capacité d'effort et certains marqueurs de risques cardiovasculaires sont décrits sauf dans la population atteinte de BPCO. En pathologie locomotrice, les résultats sont positifs à la fois sur le niveau douloureux, l'évaluation fonctionnelle et la force musculaire à l'exception du contexte de préhabilitation à une pose de prothèse totale de genou. Aucun événement indésirable grave n'a été rapporté dans les études incluses dans cette revue.

Conclusion : La RFS représente une modalité innovante et potentiellement efficace en MPR, notamment dans les populations souffrant de pathologies de l'appareil locomoteur et dans une moindre mesure de pathologies cardio-vasculaires lorsque l'entraînement conventionnel à forte charge n'est pas envisageable. Toutefois, l'hétérogénéité des protocoles et les faibles effectifs limitent la portée des résultats. Des essais complémentaires de plus forte puissance et mieux standardisés sont nécessaires dans certaines populations avant une intégration large en pratique clinique.

Composition du Jury :

Président : Monsieur le Professeur Vincent TIFFREAU

Assesseurs : Monsieur le Docteur Maxime PIVOT

Monsieur le Docteur Clément DUCHEINE

Directrice de thèse : Madame le Docteur Valérie WIECZOREK