MINISTERE DE LA SANTE
REGION LORRAINE
INSTITUT DE FORMATION EN MASSO-KINESITHERAPIE
DE NANCY

Revue de la littérature au sujet des techniques de biofeedback chez l'hémiplégique

Rapport de travail écrit personnel
Présenté par **Benoît JAYON**
Etudiant en 3ème année de kinésithérapie
En vue de l'obtention de Diplôme d'Etat
De Masso-Kinésithérapeute
2001-2002.

SOMMAIRE

1. INTRODUCTION 1
2. PRESENTATION DU BIOFEEDBACK (BFB) : PRINCIPES ET APPLICATIONS 2
2.1. Principes 2
2.1.1. L'apprentissage 2
2.1.2. Le conditionnement 3
2.1.2.1. Conditionnement par association (Pavlov) 3
2.1.2.2. Conditionnement opérant ou apprentissage instrumental (Skinner) 4
2.1.3. Principe biocybernétique 4
2.1.4. Les appareils de biofeedback 6
2.2. Biofeedback appliqué à l'hémiplégie 7
2.2.1. L'hémiplégie 7
2.2.2. Place du biofeedback dans la rééducation de l'hémiplégie 7
2.2.2.1. Rééducation de la marche 8
2.2.2.1.1. En décharge 8
2.2.2.1.2. Mise en charge 8
2.2.2.1.3. En charge 9
2.2.3. Membre supérieur 11
2.2.3.1. Principes généraux 11
2.2.3.2. Subluxation de l'épaule 11
2.2.3.3. Motricité de l'épaule 12
2.2.3.4. Coude et avant-bras 12
2.2.3.5. Poignet et doigts 12
3. METHODE DE RECHERCHE DE LA REVUE BIBLIOGRAPHIQUE 13
3.1. Matériel recherché 13
3.2. Choix du type de matériel recherché 13
3.3. Méthodologie et stratégie de recherche documentaire 14
3.3.1. Sources papier (revues, livres, thèses, mémoires) 14
3.3.2. Sources Internet 14
4. ETUDE DES REVUES DE SYNTHESE 15
4.1. Méthode de sélection des articles 15
4.2. Articles sélectionnés 16
4.3. Grille d'étude des revues de synthèse 17
5. RESULTATS 17
6. DISCUSSION 21
6.1. Effets comparés au membre supérieur et au membre inférieur 21
6.2. Effets comparés sur les différents critères : force musculaire, amplitudes articulaires et fonction 21
6.3. Abord critique du contenu de la synthèse bibliographique 23
6.3.1. Méthodologie des études analysées dans les méta-analyses 23
6.3.2. Méthodologie des méta-analyses. 24
6.3.3. Méthodologie de la revue bibliographique 24
7. CONCLUSION 25

RESUME

Cette revue bibliographique se propose de présenter les études statistiques les plus récentes et les plus pertinentes parues sur l'efficacité du biofeedback dans la rééducation de l'hémiplégie.

Il n'en ressort qu'un seul résultat validé : la technique de biofeedback électromygraphique permet une amélioration de la force des releveurs du pied plus importante que la kinésithérapie classique. Pour le reste, aucun résultat statistique ne montre la supériorité du biofeedback sur les autres techniques de rééducation. Le choix de son utilisation se fera donc en tenant compte de son coût, des facilités d'utilisation et des préférences du patient.

Toutefois, il est possible que des effets cliniques positifs existent, qui n'apparaissent pas dans les résultats statistiques. Pour s'en assurer, des études cliniques devraient être conduites sur des échantillons de population plus importants et en suivant une méthodologie rigoureuse.

Mots clés : revue bibliographique, biofeedback, hémiplégie, méta-analyse.

1. INTRODUCTION

A la fin du 19ème siècle, Ivan Petrovich Pavlov conclut une série d'expériences qui définissent les règles et les facteurs du *conditionnement*. Ces expériences se présentent comme les prémices des techniques de biofeedback, techniques qui font ici l'objet d'une revue bibliographique.

Le biofeedback peut être sommairement défini comme une boucle instrumentale permettant d'associer à un événement interne un signal externe, avec pour but la prise de conscience de l'événement interne et ainsi l'apprentissage par conditionnement. Les premières publications concernant le sujet remontent aux années 20 et s'appliquent au domaine de la psychothérapie **(31)**. Le biofeedback s'est ensuite développé au cours des années 30 et 40 grâce aux progrès réalisés dans le domaine de la captométrie et de l'enregistrement électromyographique **(6)**. Son utilisation s'est alors étendue à d'autres spécialités comme la rééducation urogynécologique puis la rééducation de l'hémiplégique.

Abordant ce sujet dans son ouvrage *Therapeutic Exercise third edition* daté de 1980, John V. Basmajian séparait alors la rééducation de l'hémiplégie en trois approches : la méthode traditionnelle, très axée sur le bon positionnement au lit et sur les activités de la vie quotidienne ; les techniques de facilitation neuromusculaire pour lesquelles il cite Fay, Bobath et Brunnstrom, techniques qui avaient marqué un virage dans la rééducation en neurologie à partir des années 60 ; et enfin, le biofeedback électromyographique, utilisé pour améliorer le recrutement volontaire de muscles faibles et permettre la relaxation des muscles spastiques **(7)**, qu'il considérait comme un nouveau tournant pour la rééducation de l'hémiplégie.

La question que nous nous posons est donc de savoir si le biofeedback, qui semblait alors si prometteur, a depuis donné des preuves de son efficacité et des résultats suffisamment nombreux et fiables pour que sa valeur soit unanimement reconnue et diffusée dans la pratique de la rééducation de l'hémiplégie. Une revue préliminaire de la littérature francophone sur le sujet, bien que présentant des articles très complets sur la théorie du bio-feedback **(14)**, montre assez peu d'études statistiques sûres (contrôlées, randomisées), qui nous permettent d'aboutir à des conclusions fiables. Guy de Bisschop écrit d'ailleurs que : « Par rapport aux États-Unis où le biofeedback est considéré comme une véritable révolution de la thérapeutique moderne, cette technique a été négligée en France ; les publications la concernant sont rares, voire exceptionnelles » **(20)**. Ainsi la présente revue de littérature est-elle basée uniquement sur des documents de langue anglaise.

2. PRESENTATION DU BIOFEEDBACK (BFB) : PRINCIPES ET APPLICATIONS

2.1. Principes

2.1.1. L'apprentissage

C'est l'action qui permet d'acquérir ou de modifier une connaissance ou une aptitude motrice grâce à l'expérience **(10)**. Le conditionnement joue un rôle important dans ce processus d'apprentissage.

2.1.2. Le conditionnement

C'est la capacité de répondre à un stimulus par la réponse spécifique d'un autre stimulus lorsque ces 2 stimuli sont présentés simultanément de façon répétée. Il en existe deux types : le conditionnement par association (Pavlov) et le conditionnement opérant (Skinner).

2.1.2.1. Conditionnement par association (Pavlov)

Un stimulus absolu (présentation de nourriture chez le chien) entraîne une réponse absolue (salivation) ; un stimulus neutre (le bruit du métronome) est sans effet (pas de salivation). L'association des 2 stimuli (nourriture et métronome) entraîne la réponse du stimulus absolu (salivation). Après plusieurs séances, le métronome isolément peut entraîner la salivation, le stimulus neutre est devenu un stimulus conditionné : la réaction est dite conditionnée. La chronologie des stimuli mis en œuvre est déterminante : stimulus conditionné (métronome) + stimulus absolu (nourriture) puis stimulus conditionné seul. **(14)**

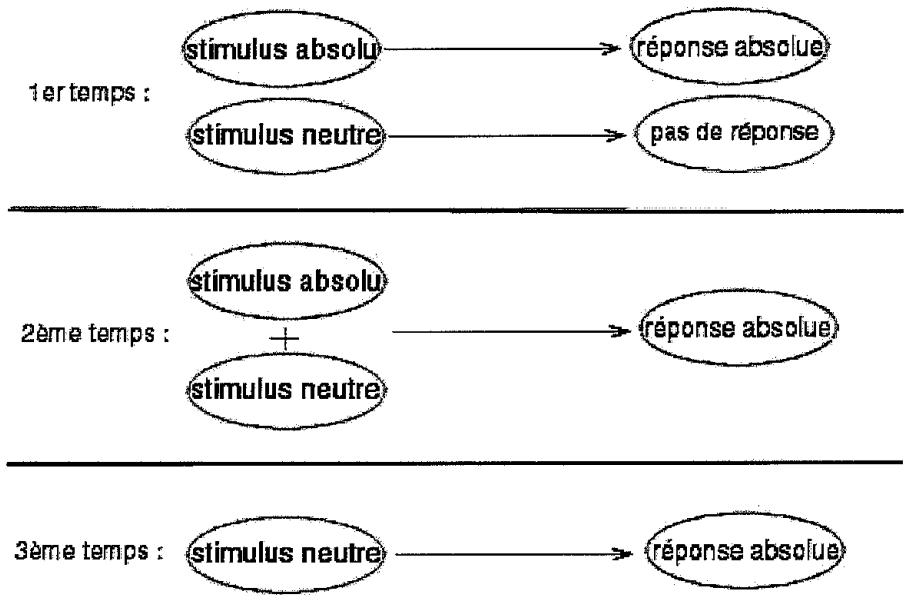

Figure 1 : modélisation du conditionnement par association.

2.1.2.2. Conditionnement opérant ou apprentissage instrumental (Skinner)

Un rat affamé est introduit dans une cage munie d'un levier dont la manipulation déclenche un distributeur de nourriture. Au cours de ses activités d'exploration, par hasard, le rat appuie sur le levier (réponse à conditionner) et reçoit une boulette de nourriture (renforcement). Il reprend son activité et de nouveau déclenche le distributeur et ainsi de suite. Après un temps d'essais/erreurs, le rat appuie d'emblée sur le levier lorsqu'il a faim. Dans ce type de conditionnement où les interactions de l'individu et de son environnement sont essentielles, la connaissance du résultat est l'élément conditionnant ou *renforcement*. La mesure objective des résultats caractérise la *performance*. **(14)**

Au cours d'une séance de biofeedback, la chaîne instrumentale donne un résultat immédiat : réussite ou échec. Ce résultat exerce le rôle d'agent renforçateur. En fin de séance la comptabilisation des succès ou des erreurs donne une performance.

2.1.3. Principe biocybernétique

Les techniques de rééducation par biofeedback tirent leur intérêt du fait qu'elles s'intègrent dans les boucles de rétroinformation nécessaires au bon déroulement des mouvements. Nous présentons une schématisation de ces boucles.

Avant de débuter un mouvement, un projet moteur est établi dans les aires préfrontales, qui définit à l'avance les paramètres du mouvement (force, direction, vitesse, etc.). Par la suite, ces paramètres doivent être modulés en fonction d'éventuelles perturbations dues à un défaut d'appréciation des paramètres initiaux, à un échec des effecteurs ou aux modifications de l'environnement. Des boucles neuronales permettent aux structures

nerveuses centrales d'être informées en permanence sur la façon dont se déroule le programme et de savoir s'il est réalisé conformément au mouvement projeté. Les rétro-informations nécessaires à cet ajustement proviennent des récepteurs sensoriels (vue, ouïe), et sensitifs (essentiellement proprioceptifs). Elles sont ensuite intégrées et permettent l'adaptation du mouvement en temps réel aux nouveaux paramètres de manière à obtenir, après entraînement, un mouvement effectué correspondant au mouvement projeté. Une analogie cybernétique simple de ce système est le thermostat d'une chaudière. La quantité de chaleur produite est fonction de la température réelle de la pièce relevée par un capteur ; elle réagit de manière à ce que la température reste constamment égale à la température de consigne.

Toute déficience d'un élément de la boucle de feedback (récepteur, intégrateur, effecteur) peut empêcher cette adaptation. Dans le cas particulier de l'hémiplégique, il y a, entre autre, atteinte des perceptions proprioceptives, et de l'analyse des afférences perceptives. Ces déficiences troublent la bonne adaptation.

Ainsi, l'installation d'une boucle instrumentale délivrant une rétroinformation visuelle ou auditive permet de donner une information sur le résultat réel du mouvement effectué. Cet appareillage peut être considéré dans un premier temps comme une orthèse remplaçant dans la boucle biocybernétique la rétroinformation vers le cortex somatosensoriel. Il permet de pallier aux dysfonctionnements proprioceptifs.

A long terme : le maintien de l'appareillage de rétroinformation permet un apprentissage par conditionnement aboutissant à un maintien de la correction même après le retrait de l'appareillage.

C'est ainsi qu'agit le biofeedback dans le cadre de la rééducation de l'hémiplégique.

2.1.4. Les appareils de biofeedback

Le traitement par biofeedback est essentiellement réalisé à l'aide d'appareils électroniques. On peut généraliser leur description en considérant qu'ils se caractérisent par :

- leur récepteur, qui relève le paramètre à conditionner.
- leur effecteur, qui donne l'information au patient.

Les principaux récepteurs :

- l'EMGBF (Biofeedback Electromyographique) : des électrodes perçoivent l'activité électrique d'un muscle ou groupe de muscles. Ce signal est redressé, corrigé et intégré.
- Le biofeedback de force : ou de pression, ou dynamométrique (exemple : les cannes de feedback **(1)**, et le Krusen LLM **(51)**)
- Le biofeedback de position, ou angulaire, par électrogoniométrie.
- Le biofeedback manométrique (dans le cadre de la rééducation vésico-sphinctérienne et ano-rectale)
- Le biofeedback thermique.

Les principaux effecteurs :

- Optique : déviation d'une aiguille sur un cadran, rampe de diodes, courbes sur moniteur représentant l'évolution du paramètre étudié dans le temps.
- Acoustique : buzzer dont le ton varie ou brèves impulsions sonores dont la fréquence varie (ce dernier système étant le plus efficace **(20)**)

Remarques :

- Certains appareils utilisent un comparateur qui sert à comparer la valeur mesurée à une valeur de consigne (c'est le cas des semelles sonores, de l'électrogoniométrie de genou). Un signal est alors émis lorsque la valeur mesurée égalise la valeur de consigne.
- De nombreux moyens instrumentaux simples et non électroniques permettent également d'obtenir un biofeedback : miroir, basculine, tout système de rappel actif.

2.2. Biofeedback appliqué à l'hémiplégie

2.2.1. L'hémiplégie

L'hémiplégie est une atteinte unilatérale de la voie pyramidale.

Les principales déficiences engendrées sont :

- perturbations du tonus musculaire (flaccidité et spasticité)
- troubles de la commande volontaire
- altération de la sensibilité profonde et superficielle
- troubles de la coordination
- atteinte des fonctions supérieures

2.2.2. Place du biofeedback dans la rééducation de l'hémiplégie

John V. Basmajian, considère la rééducation post-AVC comme une application majeure du biofeedback en phase précoce ou séquellaire. En 1998, il décrit un protocole de prise en charge du patient hémiplégique avec adjonction de techniques de biofeedback **(6)**.

Toutefois, de nombreux autres protocoles existent, parfois contradictoires. Notre exposé n'a pas pour but de trancher entre ces différentes approches et reste donc purement indicatif. Il présente certaines applications du biofeedback en ciblant les principales incapacités engendrées par l'hémiplégie.

2.2.2.1. Rééducation de la marche

2.2.2.1.1. En décharge

La rééducation à la marche peut commencer par un travail analytique en décharge, aidé par le biofeedback. Types d'exercices :

- avec un appareil de biofeedback EMG à deux canaux, le patient peut visualiser en parallèle la contraction d'un muscle faible et le relâchement de l'antagoniste spastique lors d'un mouvement (quadriceps et ischio-jambiers pour le genou, releveurs et triceps sural pour la cheville).
- Avec des capteurs EMG ou angulaires le patient peut contrôler le mouvement d'une articulation lors du mouvement volontaire d'une autre (lorsque l'on réalise un travail en brisant les schémas syncinétiques de triple flexion, triple extension).

2.2.2.1.2. Mise en charge

Une répartition égale du poids sur chaque pied peut être facilitée par un feedback de force dans les transferts assis/debout, debout/assis, et en position debout pour travailler

l'équilibre et l'appui. On peut utiliser des appareils à capteurs de force comme le Krusen LLM (Limb Load Monitor) **(51)** et les canes de feedback **(1)**. La simple utilisation de basculines permet également un feedback efficace.

2.2.2.1.3. En charge

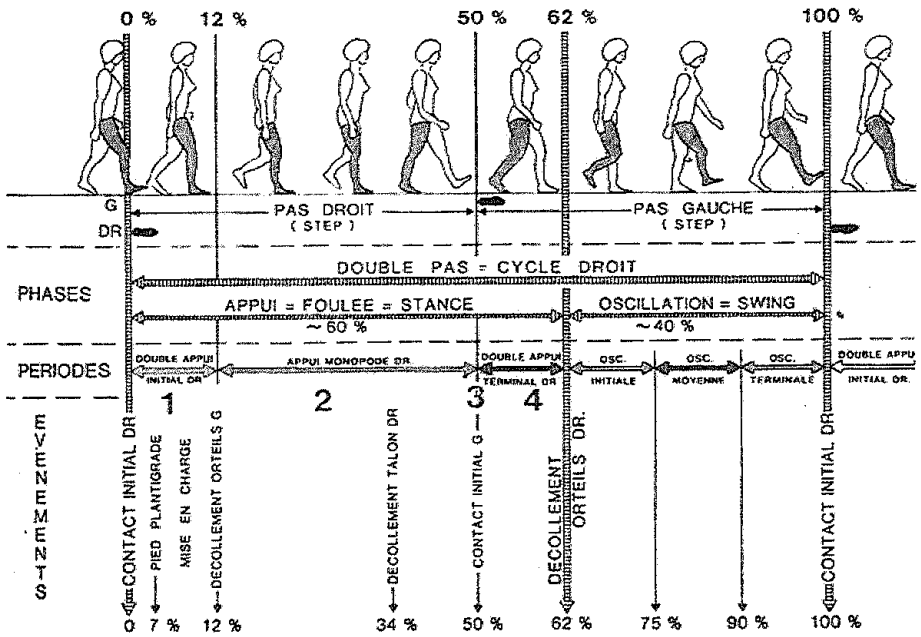

Figure 2 : Découpage temporel moyen du cycle de marche dans la population adulte normale **(46)**

<u>Phase d'appui :</u>

<u>Double appui initial (0-12%)</u> : Cette phase dure de l'attaque du talon jusqu'au décollement du pied controlatéral. Elle sollicite en particulier les releveurs du pied en freinateur pour éviter l'attaque par le plat du pied. Un biofeedback EMG des releveurs du pieds ou de position de cheville peut être utilisé.

Appui monopode (12-50%) : il y a un risque de boiterie par faiblesse de l'éventail fessier. Deux capteurs peuvent être fixés sur la hanche homolatérale et émettre un signal sonore lorsque survient la boiterie (augmentation de distance exagérée entre le bassin et le grand trochanter).

Lorsque le point de gravité passe en avant du genou, il y a un risque de récurvatum que l'on peut limiter par un biofeedback de position.

Double appui terminal (50-62%)

Phase oscillante :

Cette phase sollicite les muscles suivants :

En phase initiale (62-75%) : fléchisseurs de hanche, releveurs.

En phase moyenne (75-90%) : adducteurs, ischio-jambiers, releveurs

En phase terminale (90-100%) : gracile, ischio-jambiers, releveurs

Une partie du travail s'oriente vers la relaxation des adducteurs de hanche au cours de la flexion active de hanche pour éviter une démarche en ciseaux et permettre une attaque du pied bien orientée dans l'espace.

Un capteur EMG sur les releveurs ou un capteur de position de cheville avec effecteur sonore permet d'éviter la chute du pied pendant le passage du pas. Ce travail sur le pied « tombant » de l'hémiplégique a été historiquement une des premières cibles du biofeedback **(2)**. Son association avec une stimulation électrique fonctionnelle (SEF) a montré son efficacité dans de nombreuses études **(13, 17, 33, 48)**.

2.2.3. Membre supérieur

2.2.3.1. Principes généraux

Les principes généraux de l'approche que nous présentons sont basés sur l'étude de Stuart Binder-MacLeod décrite dans *Biofeedback : principles and practice for clinicians* **(11).**

Dans chacun des exercices, le principe et la progression sont identiques :

1er temps : Le patient a un signal de retour de la contraction d'un muscle faible ou spastique par biofeedback EMG et cherche à la réguler.

2ème temps : On y associe une perturbation extérieure (discussion de diversion, mouvement du membre controlatéral).

3ème temps : Le résultat de l'exercice est intégré dans des mouvements complexes et fonctionnels.

2.2.3.2. Subluxation de l'épaule

La spasticité du trapèze supérieur et du grand pectoral ainsi que la paralysie du deltoïde supérieur sont en grande partie responsables des subluxations de la gléno-humérale. Un travail avec biofeedback EMG sur ces trois muscles provoque une diminution de la subluxation et des douleurs qu'elle entraîne, ainsi qu'une augmentation des amplitudes articulaires **(2)**.

2.2.3.3. Motricité de l'épaule

Lors d'une phase précoce avec une motricité particulièrement pauvre, limitée à la racine du membre, une sollicitation du trapèze supérieur en bilatéral avec un feedback EMG peut être réalisée. Un simple feedback visuel grâce à un miroir peut également être envisagé. Par la suite, cette contraction du trapèze supérieur devra être minorée.

Dans la récupération de l'antépulsion, le biofeedback est utilisé pour minimiser les synergies en abduction et retrouver un bon rythme scapulo-huméral.

2.2.3.4. Coude et avant-bras

Pour la flexion/extension, en suivant toujours les mêmes principes généraux, on réalise un monitorage des fléchisseurs et extenseurs sur deux canaux.

La prono-supination ne peut être abordée que par un feedback de position.

2.2.3.5. Poignet et doigts

Basmajian **(6)** décrit le protocole suivant :

Première phase : on utilise le biofeedback EMG pour faciliter la relaxation des fléchisseurs des doigts et du poignet en position d'inhibition.

Deuxième phase : le patient maintient le relâchement dans cette position pendant qu'il associe des mouvements du membre supérieur controlatéral.

Troisième phase : avec l'aide du monitorage des fléchisseurs, le patient limite sa spasticité lors de la mise en extension passive.

Quatrième phase : l'extension se fait activement.

Ensuite l'extension est intégrée dans des mouvements globaux du membre supérieur et le patient est sevré du biofeedback.

3. METHODE DE RECHERCHE DE LA REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

3.1. Matériel recherché

Dans un premier temps, nous avons recherché une documentation générale sur le biofeedback, ses principes de fonctionnement et ses modalités d'application en neurologie. Ce sont ces articles qui nous ont permis d'étayer les premières parties de ce travail.

Pour réaliser la revue bibliographique en elle-même, nous avons choisi de ne prendre en compte que les revues de synthèse (méta-analyses) traitant de l'efficacité du biofeedback dans la rééducation de l'hémiplégie.

3.2. Choix du type de matériel recherché

La décision de s'intéresser uniquement aux revues de synthèses résulte des considérations suivantes : les études ayant une réelle valeur scientifique doivent répondre à des critères de qualité, l'appréciation de ces critères doit être réalisée par des experts avec des moyens dont nous ne disposons pas (par exemple : la sélection des études et l'analyse de leur valeur doit être réalisée par deux personnes ou deux groupes de personnes différents après qu'il y ait eu anonymisation des documents). Il paraît donc évident qu'une méta-analyse, qui prend en compte de manière rigoureuse la qualité des études retenues, fournit des informations plus complètes et plus fiables qu'une seule série de tests. De même, il est évident

que nous ne pouvons pas réaliser une méta-analyse de la qualité de celle d'un expert. C'est pourquoi nous avons choisi pour cette revue bibliographique de regrouper les méta-analyses les plus récentes et les plus pertinentes sur le sujet et d'en extraire les informations intéressantes.

3.3. Méthodologie et stratégie de recherche documentaire

3.3.1. Sources papier (revues, livres, thèses, mémoires)

Nous avons étudié les sommaires des numéros des 10 dernières années des périodiques : *American Physiotherapist, Australian Physiotherapist, New Zealand Physiotherapist, Canadian Medical Association Journal.*

Nous avons interrogé la banque de données du centre de documentation spécialisé Réédoc (Institut régional de réadaptation, 35, rue de Lionnois, 54042 NANCY CEDEX) par le mot clé : *Biofeedback.* Ceci nous a permis d'obtenir 94 références parmi lesquelles nous avons recherché les articles présentant une revue de synthèse. Nous avons alors procédé par ricochet, en fouillant la bibliographie de ces articles.

3.3.2. Sources Internet

Nous avons interrogé la banque de données **Medline (37)** avec les mots clés : « *Biofeedback* et *meta-analysis* », « *Biofeedback* et *cerebrovascular disease* ».

Toutefois, d'après *Le Guide méthodologique d'analyse de la littérature et gradation des recommandations de l'ANAES* **(22)**, il apparaît que la stratégie de recherche documentaire

nécessite l'interrogation de plusieurs banques de données. Une recherche sur Medline seule est insuffisante. Nous avons donc interrogé **Gateway (23)** (qui remplace le site HealthStar), ainsi que la **BDSP** (Banque de Données Santé Publique) **(8)**. Nous avons interrogé ces deux banques avec les mots clé : « *biofeedback* et *meta-analysis* » (22 résultats), « *biofeedback* et *hemiplegia* » (87 résultats), « *biofeedback* et *hemiplegia* et *meta-analysis* » (1 résultat).

Nous avons ensuite recherché la littérature grise. Il s'agit des productions non indexées dans les catalogues officiels d'édition et dans les circuits conventionnels de diffusion de l'information (ex : résumés de congrès, documents gouvernementaux, études non publiées, rapports et autres documents non conventionnels). Pour ce faire, nous avons interrogé la banque de données **SIGLE** (System for Information on Grey Literature in Europe) **(44)**) mais nous n'avons pas obtenu de résultats.

4. ETUDE DES REVUES DE SYNTHESE

4.1. Méthode de sélection des articles

Dans un premier temps, nous avons retenu toutes les méta-analyses réalisées sur le thème : *efficacité du biofeedback en neurologie*. Nous en avons réuni 10. Ces articles sont inventoriés dans l'annexe I.

Nous avons ensuite soumis ces articles à des critères de qualité (annexe I) inspirés des critères de qualité de Oxman et Guyatt **(41)** et en nous aidant des travaux de recherche déjà réalisés par J. Moreland et M. A. Thomson **(38)**. Pour sélectionner les articles à prendre en compte dans la revue, nous avons alors choisi de considérer :

- le nombre de critères de qualité validés.

- la date de l'article, en donnant priorité aux revues de synthèses les plus récentes.

4.2. Articles sélectionnés

Les articles sélectionnés sont :

- **Efficacity of Electromyographic Biofeedback Compared With Conventional Physical Therapy for Upper-Extremity Function in Patient Following Stroke : A Research Overview and Meta-Analysis.** Moreland J D, Thomson M A, *Physical Therapy*, volume 74, number 6, June 1994

- **Electromyographic biofeedback for neuromuscular reeducation in the hemiplegic stroke patient - A meta-analysis.** Schleenbaker R E, Mainous A G. *Archives of Physical Medicine & Rehabilitation*, 1993, 74(12), pp. 1301-1304

- **Biofeedback therapy in poststroke rehabilitation: a meta-analysis of the randomized controlled trials.** Glanz M, Klawansky S, Stason W, Berkey C, Shah N, Phan H, Chalmers T C. *Archives of Physical Medicine & Rehabilitation* 1995; 76(6): 508-515.

- **Electromyographic biofeedback to improve lower extremity function after stroke: a meta-analysis.** Moreland J D, Thomson M A, Fuoco A R. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 1998; 79: 134-140.

La liste des travaux de recherche étudiés dans chacune de ces méta-analyses apparaît en annexe II.

4.3. Grille d'étude des revues de synthèse

Le grille d'étude que nous avons utilisée s'inspire de celle préconisée par l'ANAES **(22)**. Nous nous sommes également servi des résumés structurés du CRD (Centre for Reviews and Dissemination), accessibles sur le site de l'Université de York **(19)** pour trois des quatre études sélectionnées **(24, 38, 43)**.

5. RESULTATS

- La méta-analyse de **Schleenbaker et Mainous (43)** réalisée en 1993 se propose de déterminer si le biofeedback améliore la fonction après un AVC, seul ou en adjonction de kinésithérapie classique ou de rééducation à la marche. L'étude est mixte : membre supérieur et inférieur.

Elle prend en compte les résultats fonctionnels, définis comme « tous paramètres mesurés faisant intervenir une activité neuromusculaire nécessaire pour exécuter les activités de la vie journalière ou la déambulation. »

Concernant l'item « récupération », la supériorité du biofeedback a été objectivée. Un rapport de cotes a été calculé sur ce résultat, indiquant un effet de 0,81 avec un intervalle de confiance compris entre 0,50 à 1,12 à 95 %, (voir figure 3).

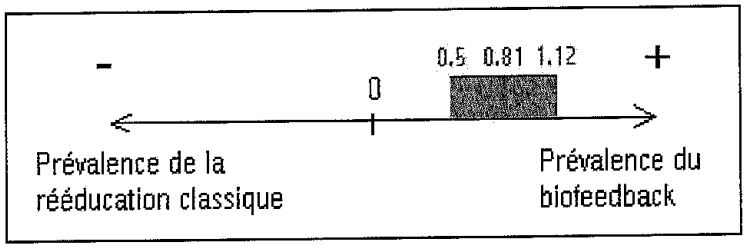

Figure 3 : rapports de cotes sur la récupération

Un rapport de cotes nul indiquerait que la rééducation classique et celle avec biofeedback ont strictement la même efficacité. Un rapport de cote positif indique que la rééducation avec biofeedback a un effet plus important sur la récupération que la rééducation classique. A contrario, si la rééducation classique prévalait sur le biofeedback, le résultat serait négatif. L'intervalle de confiance à 95%, quant à lui, représente l'intervalle dans lequel se trouvent 95% des résultats lors des études statistiques. Pour que le résultat soit fiable il est nécessaire que cet intervalle soit strictement positif. Donc, le résultat obtenu dans cette étude est statistiquement signifiant.

Les auteurs concluent donc que le biofeedback EMG apparaît comme étant une technique utile pour les patients hémiplégiques et devrait être inclus dans l'arsenal thérapeutique.

Toutefois, les experts du CRD considèrent que des recherches plus approfondies pour déterminer les effets du biofeedback électromyographique dans la rééducation de l'hémiplégique sont nécessaires avant de faire d'autres recommandations sur le sujet. Ils indiquent que ce traitement devrait être pris en compte, mais que des études contrôlées et randomisées multi centres assurant des résultats appropriés apporteraient un meilleur éclairage **(47)**.

- La méta-analyse de **Moreland et Thomson (38)** réalisée en 1994 au Canada s'intéresse à l'efficacité du biofeedback électromyographique par rapport aux techniques kinésithérapiques traditionnelles dans la rééducation du membre supérieur hémiplégique.

Les mesures prises en compte dans l'analyse sont des mesures fonctionnelles définies, pour les besoins de l'étude, comme étant les résultats en rapport avec le mouvement, en opposition aux variables physiologiques comme les amplitudes, force musculaire etc. Ces

mesures sont effectuées par des tests de force de préhension, d'orientation du membre supérieur dans l'espace, et autres tests fonctionnels.

Les résultats ne permettent pas de déterminer quelle méthode est la plus performante.

En prenant en compte cette différence faible ou inexistante, les auteurs invitent le thérapeute à prendre en considération le prix, les facilités d'utilisation et les préférences du patient pour faire le choix entre ces deux techniques. Les auteurs établissent que des recherches plus approfondies sur le biofeedback EMG appliqué au membre supérieur sont nécessaires, avec une méthodologie rigoureuse et des échantillons de taille suffisante. Ils donnent des indications quant à la méthodologie à suivre.

Il n'y a pas d'autre application pratique aux résultats de cette méta-analyse.

- La méta-analyse de **Glanz, Klawansky et collègues (24)** réalisée en 1995 cherche à déterminer si une thérapie par biofeedback peut améliorer les amplitudes articulaires d'un membre déficient par suite d'un AVC. Cette méta-analyse s'intéressait elle aussi aux membres supérieur et inférieur, mais les résultats ont été séparés.

Au membre supérieur, l'effet moyen calculé est de 2,30 (95% d'IC : - 1,06 à 5,66), indiquant une absence de résultat statistiquement signifiant. Au membre inférieur l'effet moyen calculé est de 1,50 (95% d'IC : - 0,59 à 3,59), indiquant une absence de résultat statistiquement signifiant. (figure 4).

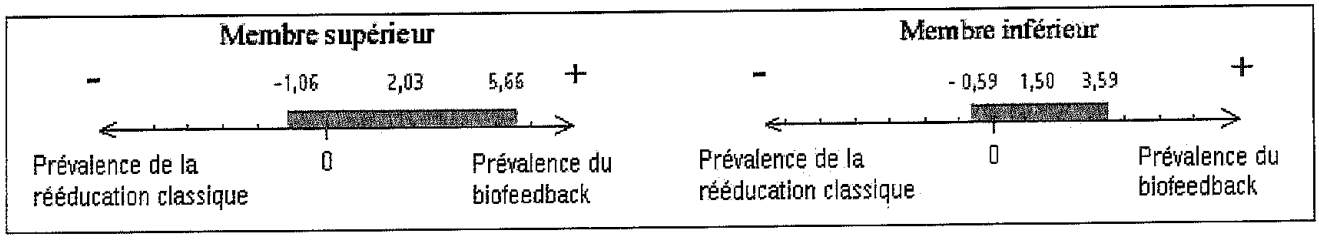

Figure 4 : rapports de cotes

Les auteurs en concluent donc que l'efficacité du biofeedback dans la rééducation de l'hémiplégie n'a pas été établie dans cette méta-analyse.

- Enfin, dans leur méta-analyse de 1998, **Moreland, Thomson et Fuoco (39)** examinent l'efficacité du biofeedback électromyographique comparé à la kinésithérapie conventionnelle, pour améliorer la fonction du membre inférieur du patient hémiplégique.

Les résultats pris en compte dans l'analyse sont les mesures fonctionnelles du membre inférieur, incluant la force musculaire et les amplitudes articulaires de cheville ainsi que la qualité, la longueur et la vitesse du pas.

Parmi tous les facteurs étudiés (qualité de la marche, amplitude articulaire de cheville, angle de flexion de cheville pendant le pas, longueur du pas, vitesse de marche) seule la force musculaire des releveurs de cheville subit une amélioration grâce au biofeedback qui a été statistiquement objectivée. Le niveau de preuve de ce résultat est égal à 0,0006 ; c'est à dire que les risques statistiques d'obtenir un résultat contraire est de six sur dix-mille.

Les auteurs concluent donc à la supériorité du biofeedback EMG par rapport aux thérapies conventionnelles seules pour le renforcement des releveurs.

Globalement, on observe donc :

- deux méta-analyses concluantes (Schleenbaker et Mainous **(43)** ; Moreland, Thomson et Fuoco **(39)**)
- deux non concluantes (Glanz, Klawansky et collègues **(24)** ; Moreland et Thomson **(38)**).

6. DISCUSSION

6.1. Effets comparés au membre supérieur et au membre inférieur

L'étude de Schleenbaker et Mainous, qui s'intéressait aux membres supérieurs et inférieurs donne des résultats positifs. Mais le nombre trop faible de travaux inclus dans leur analyse a rendu impossible une étude statistique séparée. Les auteurs indiquent toutefois que les résultats sont positifs au membre supérieur et au membre inférieur avec une plus grande efficacité au membre inférieur. Cette affirmation repose sur l'observation des auteurs et non sur des résultats statistiques chiffrés.

L'autre étude présentant des résultats positifs, celle de Moreland, Thomson et Fuoco, est une étude qui s'intéresse électivement au membre inférieur. Cette information prend sa valeur du fait que Moreland et Thomson avaient déjà mené une investigation à la méthode de recherche et d'analyse analogue pour le membre supérieur **(38)** et n'avaient pas trouvé de résultats concluants. Un parallèle peut alors être envisagé entre ces deux travaux.

Tout ceci semble indiquer une supériorité de la technique sur le membre inférieur par rapport au membre supérieur.

6.2. Effets comparés sur les différents critères : force musculaire, amplitudes articulaires et fonction

Une action sur la **force musculaire** est mise en évidence par Moreland, Thomson et Fuoco. En effet, des résultats signifiants sont obtenus pour l'utilisation du biofeedback

électromyographique dans l'amélioration de la force des releveurs du pied. Il s'agit du seul résultat validé pour l'amélioration de la force.

Glanz et Klawansky, qui se sont basés sur les **gains d'amplitude articulaire** n'ont obtenu aucun résultat positif. Ceci est corrélé par Moreland, Thomson et Fuoco pour le membre inférieur, ces derniers ayant obtenu deux résultats positifs en faveur du groupe de contrôle et deux résultats positifs pour le groupe d'étude, ce qui semble indiquer la nullité des effets de la technique. Chez l'hémiplégique, les amplitudes articulaires ne semblent donc pas être améliorées par les techniques de biofeedback.

La fonction a été abordée par trois des études sur les quatre. Schleenbaker et Mainous indiquent que leurs résultats « montrent une amélioration signifiante de la fonction grâce à l'utilisation du biofeedback électromyographique » (La « fonction » était définie par eux, pour les besoins de leur étude, comme : les activités de la vie journalière et la déambulation) Les auteurs émettent eux-mêmes une réserve sur ce résultat en précisant qu'il doit être limité aux patients à plus de 3 mois de leur AVC, ayant récupéré la marche et ayant préservé une dorsiflexion de 0°.

Aucun autre résultat n'a été validé, mais, pour ce qui est du membre inférieur, une impression positive est unanimement reportée. Moreland, Thomson et Fuoco obtiennent des résultats en faveur du biofeedback, bien que ces derniers ne soient pas valables statistiquement. Ils obtiennent : Une amélioration d'un demi point sur l'échelle de Basmajian pour la qualité de la marche en faveur du biofeedback ; une amélioration de 2 centimètres sur la longueur du pas ; une augmentation de la vitesse de la marche (8,4 mètres parcourus de plus au bout de 2 minutes).

Ces résultats sont donnés pour information, mais, n'étant pas statistiquement validés, ils peuvent être entachés d'erreur, et rien ne permet de dire qu'ils ne sont pas dus au hasard.

6.3. Abord critique du contenu de la synthèse bibliographique

Pour évaluer la valeur de ces informations, il faut porter un œil critique sur la rigueur méthodologique utilisée à chaque niveau : au niveau des études sélectionnées, des méta-analyses et de la revue bibliographique dans laquelle nous les avons présentées.

6.3.1. Méthodologie des études analysées dans les méta-analyses

La rigueur de ces études est garantie par les critères qui ont servi à les sélectionner. Les critères en question ont été déterminés par une étude d'Oxman et Guyatt dans leur guide de lecture de la littérature **(41)** comme étant les meilleurs pour les revues de synthèse.

Il faut toutefois noter que certains de ces critères sont manquants dans la méta-analyse réalisée par Shleenbaker et Mainous. Il y a donc un risque que cette méta-analyse présente des études de moins bonne qualité.

D'autre part, remarquons que toutes les études ont été faites sur des populations de petite taille : l'échantillon moyen étant de 20,9, allant de 6 à 40 sujets avec un écart type de 9,62. La faible taille des échantillons est d'ailleurs considérée comme le principal facteur limitant la pertinence de ces études par les auteurs des méta-analyses. Et c'est également l'absence d'études sur de grandes populations qui a motivé leur travail de synthèse.

Ce facteur engendre un risque important d'erreur de type II, c'est à dire qu'il est possible que des résultats apparaissent non significatifs alors qu'ils le sont en réalité. Cette

erreur masque donc des effets cliniques positifs. Il est impossible de s'en soustraire si les échantillons sont trop faibles. La présence de ce type d'erreur est évoquée dans les travaux de Moreland et Thomson et dans ceux de Glanz et Klawansky.

6.3.2. Méthodologie des méta-analyses

La rigueur méthodologique n'est pas homogène au sein des méta-analyses retenues. En effet, bien que seules les méta-analyses les plus rigoureuses aient été sélectionnées, on observe que l'étude de Shleenbaker et Mainous est beaucoup moins rigoureuse que les autres (certains critères d'Oxman et Guyatt non pris en compte, risque de résultats faussés). La critique de ce travail a d'ailleurs été réalisée dans l'article de Moreland et Thomson **(38)**.

Par ailleurs, le principe même des « méta-analyses » a déjà été largement critiqué, en particulier par S.L. Wolf **(53)**, qui reproche l'utilisation de critères de sélection trop strictes, admettant dans l'étude un nombre restreint de travaux par rapport à leur nombre total.

Ainsi, Moreland et Thomson n'ont retenu que 6 études sur une période de 12 ans, période pendant laquelle 124 articles étaient publiés sur le sujet **(53)**. Schleenbaker et Mainous, de même que Glanz et Klawansky n'ont retenu que 8 études sur 192 recensées.

6.3.3. Méthodologie de la revue bibliographique

On peut formuler envers le travail que nous avons réalisé la même critique qu'envers les méta-analyses. En effet, seules 4 méta-analyses ont été retenues pour l'étude. Les raisons de ce choix ont été exposées, ce qui ne change rien au risque de partialité de cet exposé.

7. CONCLUSION

Cette revue bibliographique montre la diversité des exercices dans lesquels peut être introduit le biofeedback en neurologie. Toutefois, la technique n'a été validée que par deux méta-analyses. La première indique un effet positif global, sans différencier membre supérieur et inférieur, ni les paramètres améliorés. Cette méta-analyse a été critiquée par plusieurs spécialistes de la question **(19, 38)**. Le seconde indique un effet positif uniquement sur le renforcement des releveurs du pied.

Toutefois, les autres techniques de rééducation en neurologie n'ont pas non plus été validées par étude statistique. Pour citer le docteur JM Beis dans un travail réalisé en 1997 **(9)** : « Parmi les techniques de rééducation conventionnelles, sensorimotrices, biofeedback externe instrumental, neurophysiologiques classiques, comportementales, aucune étude n'a permis de démontrer laquelle était la plus efficace ».

Tous les spécialistes semblent s'accorder sur la nécessité d'études statistiques rigoureuses et à grande échelle qui permettraient l'utilisation de la méthode de Student et réduiraient les incertitudes. De plus, si ces études existaient, il ne serait plus nécessaire d'avoir recours aux méta-analyses, dont la méthodologie est souvent critiquée et qui entraînent des facteurs d'erreur supplémentaires.

Un autre point problématique notifié par le CRD (Centre for Reviews and Dissemination) est l'absence d'indications de coût qui, à efficacité égale, ferait la différence lors du choix de la technique.

Il apparaît donc qu'un complément de recherche et d'information est nécessaire pour s'assurer de l'efficacité du biofeedback.

BIBLIOGRAPHIE

(1) BAKER MP, HUDSON JE, WOLF SL. A "feedback" cane to improve the hemiplegic patient gate. *Phys Ther* 1979; 59: 170-171.

(2) BASMAJIAN J.V., ed. biofeedback : principles and practice for clinicians, 3rd edition. Baltimore : Williams and Wilkins, 1989.

(3) BASMAJIAN J.V., GOWLAND C.A., BRANDMASTER M.E., et coll. EMG feedback treatment of upper limb in hemiplegic stroke patients : a pilot study. *Arch Phys Med Rehabil.* 1982 ; 63 : 613-616.

(4) BASMAJIAN J.V., GOWLAND C.A., FINLAYSON A.J., et al., Stroke treatment : comparison of integrated behavioural-physical therapy vs traditional physical therapy programs, *Arch Phys Med Rehabil.* 1987 ;68 :267-272

(5) BASMAJIAN J.V., KUKULKA C.G., NARAYAN M.G., TAKEBE K., Biofeedback treatment of foot-drop after stroke compared with standard rehabilitation technique : effect on voluntary control and strength. *Arch Phys Med Rehabil* 1975 ; 56 : 231-239

(6) BASMAJIAN J.V., *Rehabilitation Medicine : Principles and practice, Third Edition,* edited by Joel A. DeLisa and Bruce M. Gans. Lippincott-Raven Publishers, Philadelphia ©1998, pp : 505, 519.

(7) BASMAJIAN J.V., *Therapeutic Exercise third edition*, p.337

(8) http://www.bdsp.tm.fr/

(9) BEIS J.-M., La rééducation améliore-t-elle l'activité gestuelle et la préhension, *Ann Réadaptat²ion Méd Phys* 1997 ; 40 : 185-91

(10) BESSOU P., Le système nerveux. SIMEP, Villeurbanne. 1978 ; 2 vol (Physiologie humaine). Vol 1 ; 264 p. vol 2 : 22(9) 4 p.

(11) BINDER-MACLEOD S.A., Biofeedback in stroke rehabilitation. In : Basmajian JV, ed. *Biofeedback : principles and practice for clinicians*, 2nd ed. Baltimore : William and Wilkins, 1983; 73-89.

(12) BINDER S.A., MOLL C.B., WOLF S.L., Evaluation of electromyographic biofeedback as an adjunct to therapeutic exercise in treating the lower extremities of hemiplegic patients. *Phys Ther* 1981 ; 61 : 886-893.

(13) BOWMAN B.R., BAKER L.L., WATERS R.L., Positional biofeedback and electrical stimulation : an automated treatment for the hemiplegic wrist. *Arch Phys Med Rehabil* 1979; 60:497-502.

(14) BRUGEROLLE B., CHAUVIERE C. et ANDRE J.-M., – Rétroaction biologique musculaire. Applications du biofeedback dans les troubles moteurs. – Editions techniques – *Encycl. Méd. Chir.* (Paris-France), Kinésithérapie-Rééducation fonctionnelle, 26-147-A-10, 1994, 5p.

(15) BURNSIDE I.G., TOBIAS S., BURSILL D., Electromyographic feedback in the remobilization of stroke patients : a controlled trial. *Arch Phys Med Rehabil* 1982 ; 63 :217-222

(16) COLBORN G.R., OLNEY S.J., GRIFFIN M.P., Feedback of ankle joint angle and soleus electromyography in the rehabilitation of hemiplegic gait. *Arch Phys Med Rehabil* 1993 ; 74 : 1100-1106.

(17) COZEAN C.D., PEASE W.S., HUBELL S.L., Biofeedback and functional electric stimulation in stroke rehabilitation. *Arch Phys Men Rehabil* 1988 ; 69 : 401-405.

(18) CROW J.L., LINCOLN N.B., NOURI F.M., DE WEERDT W.J.G., The effectiveness of EMG biofeedback in the treatment of arm function after stroke. *Int Disabil Studies* 1989 ; 11 :155-160

(19) DARE : Database of Abstracts of Reviews of Effectiveness, NHS Center for Reviews and Dissemination, University of York, York, YO10 5DD.
http://agatha.york.ac.uk/darehp.htm

(20) DE BISSCHOP G., DE BISSCHOP E., NUNDLALL-DE BISCHOP R., GOUGET J.-L., *Biofeedback électromyographique : principes et indications*, publication internet, 1999.
http://www.sante.cc/electro/articles/bfb01/bfb01.htm

(21) DE WEERDT W.J.G., HARRISSON M.A., The efficacity of electromyographic feedback for stroke patients : a critical review of the main literature. *Physiotherapy.* 1986 ; 72 : 108-118.

(22) Pr. DUROCHER A. et collègues, Guide méthodologique, analyse de la littérature et gradation des recommandations, ANAES, janvier 2000

(23) http://gateway.nlm.nih.gov

(24) GLANZ M., KLAWANSKY S., STASON W., BERKEY C., SHAH N., PHAN H., CHALMERS T.C., Biofeedback therapy in poststroke rehabilitation: a meta-analysis of the randomized controlled trials. *Archives of Physical Medicine & Rehabilitation* 1995; 76(6): 508-515.

(25) GREENSBERG S., FOWLER R.S. Jr., Kinesthetic biofeedback : a treatment modality for elbow range of motion in hemiplegia. *Am J Occup Ther* 1980 ; 34 : 738-743.

(26) HURD W.W., PEGRAM V., NEPOMUCENO C., Comparison of actual and simulated EMG biofeedback in the treatment of hemiplegic patients. *Am J Phys Med.* 1980 ; 59 : 73-82.

(27) INCE L.P., LEON M.S., CHRISTIDIS D., EMG biofeedback for improvement of upper extremity function : a critical review of the literature. *Physiotherapy Canada.* 1985 ; 37 : 12-17.

(28) INCE L.P., LEON M.S., CHRISTIDIS D., EMG biofeedback with the upper extremity : a critical review of experimental foundation of clinical treatment with the disabled. *Rehabilitation Psychology.* 1987 ; 32 : 77-91.

(29) INGLIS J., DONALD M.W., MONGA T.N., SPROULE M., YOUNG M.J., Electromyographic biofeedback and physical therapy of the hemiplegic upper limb. *Arch Phys Med Rehabil* 1984 ; 65 : 755-759

(30) INTISO D., SANTILLI V., GRASSO M.G., ROSSI R., CARUSO I., Rehabilitation of walking with electromyographic biofeedback in foot-drop after stroke. *Stroke* 1994 ; 25 : 1189-1192.

(31) JACOBSON E., Electrical Measurements concerning muscular contraction (tonus) and the cultivation of relaxation in man. *Am J Physiol* 1933 ; 1207 : 230-248

(32) JOHN J., Failure of electrical myofeedback to augment the effects of physiotherapy in stroke *: Int J Rehabil Res* 1986 ; 9 : 35-45.

(33) KRAFFT G.H., FITTS S.S., HAMMOND M.C., Techniques to improve function of the arm in chronic hemiplegics. *Arch Phys Med Reabil* 1992; 73: 220-227.

(34) MANDEL A.R., NYMARK J.R., BALMER S.J., GRINNELL D.M., O'RAIN M.D., Electromyographic versus rythmic positional biofeedback in computerized gait retraining with stroke patients. *Arch Phys Med Rehabil* 1990 ; 71 :649-654.

(35) MARCER D., *Biofeedback and Related Therapies in Clinical Practice.* London, England : Croom Helm ; 1986 : 145-159.

(36) MARZUK P.M., Biofeedback for neuromuscular disorders. Health and Public Policy Committee, American College of Physicians. *Ann Intern Med.* 1985 ; 102 : 854-858.

(37) http://www.medline.com

(38) MORELAND J.D., THOMSON M.A., Efficacity of Electromyographic Biofeedback Compared With Conventional Physical Therapy for Upper-Extremity Function in Patients Following Stroke : A Research Overview and Meta-analysis. *Physical therapy*, volume 74, number 6, june 1994, 544-545.

(39) MORELAND J.D., THOMSON M.A., FUOCO A.R., Electromyographic biofeedback to improve lower extremity function after stroke: a meta-analysis. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 1998 ;79 :134-140.

(40) MULDER T., HULSTIJN W., VAN DER MEER J., EMG feedback and the restoration of motor control. A controlled group study of 12 hemiparetic patients. *Am J Phys Med* 1986 ;

65 :173-188.

(41) OXMAN A.D., GUYATT G.H., Guidelines fur reading literature reviews. *Can Med Assoc J.* 1988 ; 138 : 697-703.

(42) PREVO A.J.H., VISSER S.L., VOGELAAR T.W., Effect of EMG feedback on paretic muscles and abnormal co-contraction in the hemiplegic arm, compared with conventional physical therapy. *Scand J Rehabil Med.* 1982 ;14 :121-131.

(43) SCHLEENBAKER R.E., MAINOUS A.G., Electromyographic biofeedback for neuromuscular reeducation in the hemiplegic stroke patient – A meta-analysis. *Archives of Physical Medicine & Rehabilitation*, 1993, 74(12), pp. 1301-1304

(44) la banque de données de SIGLE peut être consultée grâce à STNeasy : http://stneasy.fiz-karlsruhe.de

(45) SMITH K.N. Biofeedback in strokes. *Australian Journal of Physiotherapy.* 1979 ; 25 : 155-16

(46) TAILLARD W., BLANC Y. (1988) – Anatomie et physiologie de la marche, de la position assise à debout. *Encycl. Méd. Chir.* (Paris-France), Appareil locomoteur, 4, 14010 A[10], 12 p.

(47) UNIVERSITY OF YORK, 1999. Database no.: DARE-940172

(48) WINCHESTER P., MONTGOMERY J., BOWMAN B., HISLOP H., Effects of feedback stimulation training and cyclical electrical stimulation in knee extension in hemiplegic patients. *Phys Ther* 1983; 63 : 1096-1103.

(49) WOLF S.L., BINDER-MACLEOD S.A., Electromyographic biofeedback applications to the hemiplegic patient : changes in lower extremity neuromuscular and functional status. *Phys Ther* 1983 ; 63 : 1404-1413.

(50) WOLF S.L., BINDER-MACLEOD S.A., Electromyographic biofeedback applications to the hemiplegic patient : changes in upper extremity neuromuscular and functional status. *Phys Ther* 1983 ; 63 : 1393-1403.

(51) WOLF S.L., BINDER-MACLEOD S.A., Use of the Krusen Limb Load Monitor to quantify temporal and loading measurements of gait. *Phys Ther* 1982; 61: 976-982.

(52) WOLF S.L., Electromyographic biofeedback applications to stroke patients : a critical review. *Phys. Ther.* 1983 ; 63 : 1448-1455

(53) WOLF S.L., Invited commentary to Moreland J. Thomson MA. Efficacity of Electromyographic Biofeedback Compared With Conventional Physical Therapy for Upper-Extremity Function in Patients Following Stroke : A Research Overview and Meta-analysis. *Physical therapy*, volume 74, number 6, june 1994, 544-545.

ANNEXES

Annexe I : Critères de qualité appliqués aux revues de synthèses

Critères	Wolf **(51)**	Ince et coll.**(27)**	Marzuk **(36)**	De Weerdt et Harrison **(21)**	Marcer **(35)**
Date	1983	1985	1985	1986	1986
Méthode de recherche indiquée	non	non	non	partiellement	non
Recherche compréhensible	non appréciable	non	non appréciable	non	non appréciable
Critères d'inclusion indiqués	non	non	non	non	non
Partialité évitée	non appréciable	non appréciable	non appréciable	non appréciable	non appréciable
Critères de validité indiqués	oui	non	non	oui	non
Validité accordée de manière appropriée	oui	non	non	oui	partiellement
Méthode utilisée pour combiner les études	non	non	non	non	non
Les conclusions reposent-elles sur des données	partiellement	non	non	oui	partiellement

	Ince **(28)**	Schleenbaker, Mainous **(43)**	Moreland, Thomson **(38)**	Glanz et coll., **(24)**	Moreland, Thomson et Fuoco **(39)**
Date	1987	1993	1994	1995	1998
Méthode de recherche indiquée	non	partiellement	oui	partiellement	oui
Recherche compréhensible	non appréciable	non appréciable	non appréciable	non appréciable	non appréciable
Critères d'inclusion indiqués	non	non	oui	non	oui
Partialité évitée	non appréciable	oui	non appréciable	oui	oui
Critères de validité indiqués	non	non	oui	non	oui
Validité accordée de manière appropriée	partiellement	-	-	-	-
Méthode utilisée pour combiner les études	non	oui	oui	oui	oui
Les conclusions reposent-elles sur des données	partiellement	partiellement	oui	oui	oui

Revues de synthèse	n°1	n°2	n°3	n°4
Etudes analysées	Crow et coll., 1989 **(18)**	Crow et coll., 1989 **(18)**	Mandel et coll., 1990 **(34)**	Intiso et coll., 1994 **(30)**
	Basmajian et coll., 1987 **(4)**	Cozean et coll., 1988 **(17)**	Cozean et coll., 1988 **(17)**	Colborn et coll., 1993 **(16)**
	Prevo et coll., 1982 **(42)**	Inglis et coll., 1984 **(29)**	Mulder et coll., 1986 **(40)**	Cozean et coll., 1988 **(17)**
	Basmajian et coll., 1982 **(3)**	Wolf et coll., 1983 **(48)**	John, 1986 **(32)**	John, 1986 **(32)**
	Hurd et coll., 1980 **(26)**	Wolf et coll., 1983 **(49)**	Inglis et coll., 1984 **(29)**	Mulder et coll., 1986 **(40)**
	Smith, 1979 **(45)**	Burnside et coll., 1982 **(15)**	Hurd et coll., 1980 **(26)**	Burnside et coll., 1982 **(15)**
		Basmajian et coll., 1982 **(3)**	Greenberg et coll., 1980 **(25)**	Binder et coll., 1981 **(12)**
		Basmajian et coll., 1975 **(5)**	Basmajian et coll., 1975 **(5)**	Basmajian et coll., 1975 **(5)**

Revues de synthèses :

n° 1 : Efficacity of Electromyographic Biofeedback Compared With Conventional Physical Therapy for Upper-Extremity Function in Patient Following Stroke :

A Research Overview and Meta-Analysis Moreland J D, Thomson M A, Physical Therapy, volume 74, number 6, June 1994

n° 2 : Electromyographic biofeedback for neuromuscular reeducation in the hemiplegic stroke patient - A meta-analysis

Schleenbaker R E, Mainous A G. Archives of Physical Medicine & Rehabilitation, 1993, 74(12), pp. 1301-1304

n° 3 : Biofeedback therapy in poststroke rehabilitation: a meta-analysis of the randomized controlled trials

Glanz M, Klawansky S, Stason W, Berkey C, Shah N, Phan H, Chalmers T C. Archives of Physical Medicine & Rehabilitation 1995; 76(6): 508-515.

n°4 : Electromyographic biofeedback to improve lower extremity function after stroke: a meta-analysis

Moreland J D, Thomson M A, Fuoco A R. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation 1998; 79: 134-140.