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

SYNTHESE DES PROTOCOLES DE REENTRAINEMENT A L'EFFORT CHEZ LES INSUFFISANTS RESPIRATOIRES CHRONIQUES

Rapport de travail écrit personnel
présenté par **Sophie MONCHECOURT**
étudiante en 3ème année de kinésithérapie
en vue de l'obtention du Diplôme d'Etat
de Masseur Kinésithérapeute
2003-2004.

TABLE DES ABREVIATIONS

ADP	Adénosine di-phosphate
ATP	Adénosine tri-phosphate
BPCO	Broncho Pneumopathie Chronique Obstructive
CO2	Dioxyde de carbone
CV	Capacité vitale
DEP	Débit expiratoire de pointe (L/s)
EFR	Exploration fonctionnelle respiratoire
ESMI	Entraînement spécifique des muscles inspirateurs
FC	Fréquence cardiaque
FR	Fréquence respiratoire (/min)
H_2CO_3	Acide
HCO_3^-	Substances tampon (bicarbonate mM/L)
JIKRI	Journées instrumentales de kinésithérapie respiratoire
MAPA	Mesure ambulatoire de la pression artérielle
O_2	Dioxygène
$PaCO_2$	Pression artérielle en dioxyde de carbone
PaO_2	Pression artérielle en dioxygène
PEP'C	Programme d'Entraînement Personnalisé en Créneaux
Pi	Phosphate
PMT	Puissances maxima tolérées
SA	Seuil anaérobie
SL_1	Seuil d'apparition des lactates
SL_2	Seuil d'accumulation des lactates
SpO_2	Saturation en oxygène
SV	Seuil ventilatoire
SV_1	Seuil d'adaptation ventilatoire
SV_2	Seuil d'inadaptation ventilatoire
SWEET	Square Wave Endurance Exercise Test
TA	Tension artérielle
V_E	Ventilation minute (L/min)
VEMS	Volume expiré maximum en une seconde (L/s)
VES	Volume d'éjection systolique
VO_2	Consommation d'O_2
$VO_{2\,max}$	Consommation d'O_2 max
VO_2SL	VO_2 symptôme limité
$VO_{2\,max}SL$	VO_2 max symptôme limité

SOMMAIRE

RESUME

INTRODUCTION 1

1. ANATOMOPHYSIOLOGIE DE L'EFFORT NORMAL 1
   1.1. Les voies métaboliques à l'effort 1
   1.2. L'adaptation cardio-respiratoire à l'effort 2

2. L'INSUFFISANT RESPIRATOIRE ET L'EFFORT 3
   2.1. Définition 3
   2.2. Physiopathologie 4
      2.2.1.La réponse globale ou la tolérance à l'exercice 4
      2.2.2.La réponse métabolique à l'exercice 4
      2.2.3.La réponse ventilatoire à l'exercice 5

3. LE REENTRAINEMENT A L'EFFORT 5
   3.1. L'évaluation de l'insuffisance respiratoire chronique par le kinésithérapeute 6
   3.2. Les principes 7
   3.3. Les objectifs du réentraînement à l'effort 8

4. LA RECHERCHE DES DIFFERENTS PROTOCOLES 8
   4.1. Le questionnaire 9
   4.2. La bibliographie 9
   4.3. L'intérêt 9
   4.4. Les difficultés 10
   4.5. Les résultats 10

5. LES PROTOCOLES DE REENTRAINEMENT 11
   5.1. Le réentraînement aérobique (endurance musculaire) 11
      5.1.1.Le programme de réentraînement aérobique 11
      5.1.2.Les modalités de l'entraînement aérobique 13
         5.1.2.1.Entraînement des membres inférieurs 13
            5.1.2.1.1.Le cyclo-ergomètre 13
            5.1.2.1.2.Le tapis-roulant 16
            5.1.2.1.3.La marche 17
            5.1.2.1.4.La montée des escaliers 17
         5.1.2.2.Entraînement des membres supérieurs 18
         5.1.2.3.Entraînement des membres supérieurs et inférieurs 19
   5.2. Le réentraînement anaérobique (force musculaire) 20
   5.3. Les exercices de gymnastique 21
   5.4. L'entraînement isolé des muscles respiratoires 21

6. RESULTATS 23

7. DISCUSSION : les devenirs possibles des résultats obtenus 23

CONCLUSION 24

BIBLIOGRAPHIE

ANNEXES

RESUME

L'insuffisance respiratoire chronique est un véritable problème de santé publique. La majorité des patients qui en souffrent sont des BPCO dont la terminologie, sauf précision contraire, admet implicitement une origine tabagique. Elle est la cause de milliers de décès chaque année. Les traitements médicamenteux permettent de ralentir la dégradation progressive des performances ventilatoires, mais ne suffisent pas à corriger la dyspnée dont se plaignent les patients et son retentissement sur la qualité de vie. La dépression et l'anxiété sont alors souvent présentes.

Depuis 25 ans maintenant, ces patients ont la possibilité de suivre un programme de réhabilitation respiratoire. Il comprend une éducation nutritionnelle du patient, une prise en charge psychosociale et surtout thérapeutique avec mise en place d'un réentraînement à l'effort.

Ce mémoire s'est efforcé de faire une synthèse la plus complète possible des protocoles de réentraînement à l'effort actuellement utilisés chez les insuffisants respiratoires chroniques, et plus particulièrement les BPCO. Elle se base essentiellement sur les réponses à un questionnaire envoyé à différents établissements spécialisés dans les pathologies respiratoires, et sur des recherches bibliographiques. La confrontation de ces investigations a montré une grande hétérogénéité dans les protocoles et les programmes. Le but a donc été de réunir le maximum de données sur chacun des entraînements afin de faciliter le choix du protocole le mieux adapté au patient.

Mots clés : insuffisants respiratoires chroniques, BPCO, réhabilitation respiratoire, réentraînement à l'effort, protocole.

INTRODUCTION

La réhabilitation respiratoire est définie comme une pratique médicale proposant un programme multidisciplinaire adapté à chaque individu et apparaît aujourd'hui comme le traitement principal de l'insuffisance respiratoire chronique et plus particulièrement des BPCO (cinquième cause de décès en France). Or le réentraînement à l'effort constitue la pierre angulaire de ce programme.

L'objectif de tout réentraînement musculaire, qu'il soit général (réentraînement à l'exercice ou spécifique, réentraînement des muscles respiratoires) est de diminuer la dyspnée et d'améliorer la tolérance à l'effort afin d'obtenir une meilleure qualité de vie.

Au cours de ce travail, nous aborderons d'abord l'effort normal, ensuite le comportement des insuffisants respiratoires face à l'exercice, puis le réentraînement à l'effort et le résultat des recherches sur les différents protocoles pratiqués dans les services respiratoires.

1. ANATOMOPHYSIOLOGIE DE L'EFFORT NORMAL

1.1. Les voies métaboliques à l'effort (2, 21)

Toute activité physique nécessite des contractions musculaires et donc un travail de l'organisme. Or la source fondamentale d'énergie directement utilisable par les cellules est la molécule d'ATP. L'hydrolyse de celle-ci libère de l'énergie selon l'équation suivante :

$$ATP \longrightarrow ADP + Pi + Energie$$

Il n'existe que très peu de réserves mais trois mécanismes permettent sa régénération :

- **La voie métabolique anaérobie alactique** est mise en route dès le début de l'exercice, elle convient pour des efforts très brefs et très soutenus. La cellule utilise son faible stock d'ATP, de créatine phosphate et d'ADP qui, en l'absence d'O_2 et sans production d'acide lactique, constituent les trois sources immédiates d'énergie.
- **La voie métabolique anaérobie lactique** apparaît à la suite de la précédente quand l'effort se poursuit et convient pour un effort bref et soutenu, ou lorsque le système aérobie ne parvient plus à maintenir une consommation en ATP suffisante pour le muscle (production d'acide lactique).

- **La voie métabolique aérobie** est la dernière mise en route et elle utilise l'oxygène pour dégrader les glucides, les lipides, secondairement les protides. Elle permet la synthèse d'une grande quantité d'ATP sans production d'acide lactique. Elle convient pour un effort de longue durée mais de faible intensité.

1.2. L'adaptation cardio-respiratoire à l'effort (2)

Quand un effort se prolonge suffisamment, la voie aérobie est donc le mode majeur de synthèse de l'ATP. Les besoins énergétiques sont proportionnels à l'intensité de l'effort et vont nécessiter une adaptation cardiaque et respiratoire. Celle-ci est résumée dans l'équation de FICK : $VO_2 = VES \times FC \times d(a\text{-}vO_2)$ qui montre que l'augmentation de l'intensité d'un effort induit une augmentation de la consommation d'oxygène par l'élévation du volume d'éjection systolique, de la fréquence cardiaque et de la différence artério-veineuse, signe de la bonne oxygénation du sang au niveau des muscles. La consommation d'oxygène augmente jusqu'à un maximum appelé VO_{2max} qui définit la limite de cet appareil cardio-respiratoire. Evaluer l'adaptation à l'effort peut se faire par la mesure de la VO_2 et de la FC.

Or nous avons vu que la lactatémie d'effort rend compte des limites de la voie aérobie. Wassermann a démontré le parallélisme entre adaptation ventilatoire, rejet du CO_2 et hyperlactatémie et a identifié deux zones de transition caractérisées par des changements de pente de l'adaptation de la VO_{2max} ou de la lactatémie (annexe I). Selon la terminologie de PREFAUT, on utilise pour désigner ces seuils significatifs (2, 4, 10) :

- **SL_1 ou seuil d'apparition des lactates,** contemporain du *seuil d'adaptation ventilatoire* SV_1 à partir duquel l'augmentation de la VO_2 est proportionnelle à celle de la V_E. Il correspond au niveau d'apparition de la dyspnée et à la transition aérobie/anaérobie avec apparition d'acide lactique dans le but de subvenir aux besoins énergétiques croissants. Cet acide se dissocie alors en ions lactates et en protons (H+) dans les cellules musculaires et le sang. Ils diminuent le pH sanguin devenant inférieur à 7,4 : c'est l'acidose entraînant une fatigue musculaire. L'organisme peut les neutraliser grâce à des substances dites tampons (HCO_3^-) pour rééquilibrer le pH, on parle d'acidose

compensée. Sur le plan respiratoire, la consommation d'oxygène reste linéaire et la ventilation, plus importante par la stimulation des protons sur les centres respiratoires, permet d'éliminer le dioxyde de carbone.

- **SL_2 ou seuil d'accumulation des lactates,** au-delà duquel le système tampon du sang est saturé. L'acidose n'est plus compensée et la conséquence est le risque de crampes musculaires. Ce seuil est proche du SV_2, *seuil d'inadaptation ventilatoire* à partir duquel $VO_2 = VO_{2max}$, et l'augmentation de VCO_2 est directement proportionnelle à celle de V_E. La ventilation devient alors plus importante que le rejet de dioxyde de carbone. Il n'est régulièrement observé que chez les sujets ayant une très bonne condition physique.

2. L'INSUFFISANT RESPIRATOIRE ET L'EFFORT

2.1. Définition (2)

L'insuffisance respiratoire chronique correspond à «l'incapacité permanente de l'appareil respiratoire à assurer une hématose satisfaisante, c'est-à-dire une oxygénation sanguine correcte associée ou non à une rétention de gaz carbonique suivant la pathologie». En fait, elle est définie par une hypoxémie chronique avec $PaO_2 < 60$ mmHg. Elle est dite grave quand :

- la $PaO_2 < 55$ mmHg à un état stable,
- la $PaO_2 < 60$ mmHg associée à une hypoxie nocturne ou une polyglobulie importante ou des signes d'insuffisance ventriculaire droite,
- le VEMS est inférieur ou égal à 50 % des valeurs théoriques.

Les principales causes de l'insuffisance respiratoire chronique sont :

- **obstructives**, essentiellement représentées par les BPCO (regroupant la bronchite chronique, l'emphysème et la dilatation des bronches) constituant la majorité des insuffisances respiratoires, définies comme «une maladie chronique et lentement progressive caractérisée par une diminution non complètement réversible des débits aériens» (23), mais aussi les asthmes chroniques graves et la mucoviscidose,

- **restrictives**, conséquences d'affections atteignant l'interstitium pulmonaire, la plèvre, la cage thoracique ou les muscles respiratoires. Il peut s'agir de séquelles de tuberculose, de scolioses, de maladies neuromusculaires, de fibroses interstitielles, de pathologies pleurales,
- **mixtes** combinant une part obstructive et une autre restrictive,
- et enfin les maladies vasculaires pulmonaires responsables d'une hypertension artérielle pulmonaire.

2.2. Physiopathologie (12)

2.2.1. La réponse globale ou la tolérance à l'exercice

L'insuffisance respiratoire entraîne une diminution de la tolérance à l'effort avec apparition de la dyspnée (raison essentielle de l'arrêt de l'exercice) ainsi qu'une diminution du VEMS, de la puissance maximale, de la VO_{2max} et de la ventilation maximale. La dyspnée est une «sensation de gêne respiratoire perçue et exprimée par le patient». Elle sert d'alarme, informant la conscience du dépassement des possibilités physiques de l'appareil respiratoire et de la voie métabolique aérobie. Elle montre la fatigue liée à une insuffisance respiratoire ou cardiaque. Chez le sujet sain, maintenir une activité aérobie consiste à consommer plus d'énergie instantanée que n'en fournit l'appareil respiratoire ce qui conduit à une hyperventilation sollicitant les muscles inspiratoires en tension qui, avec les besoins ventilatoires, crée la sensation d'essoufflement. Aussi une hyperventilation permanente peut être compensatrice d'une insuffisance respiratoire chronique sans que le sujet ne ressente de dyspnée. Chez le BPCO distendu ou le restrictif sévère, il existe un état de tension important des muscles inspirateurs accessoires au repos qui, lors de l'effort, génère une dyspnée. Celle-ci est donc l'expression pathologique de l'essoufflement différent de celui d'effort du sujet sain.

2.2.2. La réponse métabolique à l'exercice (1, 2, 12, 14, 16, 22)

La tolérance à l'effort diminue pour des niveaux sous-maximaux. Le seuil de dyspnée peut apparaître parfois au simple pédalage à vide. En effet, il existe un cercle vicieux de la dyspnée (ou

spirale). Au départ le patient est essoufflé pour des efforts conséquents ce qui le conduit à diminuer les exercices et à adapter un style de vie sédentaire. Il s'ensuit une dégradation des éléments de la voie métabolique aérobie et donc un déconditionnement musculaire (annexe II). La voie anaérobie devient alors prédominante et l'acidose lactique apparaît pour un bas niveau d'exercice.

2.2.3. La réponse ventilatoire à l'exercice (12)

Il existe une diminution de la ventilation maximale à l'exercice caractérisée par une diminution voire une abolition des réserves ventilatoires. Au fur et à mesure que l'intensité de l'effort augmente, le BPCO ne peut plus réaliser une expiration complète ce qui implique une diminution progressive du volume courant et une augmentation de la capacité résiduelle fonctionnelle. Cette ventilation à haut volume pulmonaire implique que les muscles respiratoires doivent développer une force musculaire plus importante avec une augmentation du travail respiratoire et qu'une partie de l'oxygène va être détournée des muscles périphériques vers les muscles respiratoires.

Pour un exercice sous-maximal, le BPCO présente donc une ventilation excessive due à l'apparition précoce d'une acidose métabolique. Le tamponnement d'acide lactique par les bicarbonates produit du CO_2, stimulant ventilatoire. En fin d'exercice, quand les possibilités de tamponnement sont dépassées, l'acidité aggrave l'hyperventilation. Le coût respiratoire augmente et la quantité d'oxygène aux muscles périphériques diminue. Il y a alors majoration de la dyspnée, point de départ de la désadaptation à l'effort.

3. LE REENTRAINEMENT A L'EFFORT

Il est le traitement de la désadaptation à l'effort et regroupe l'ensemble des techniques et des stratégies qui permettent à un individu d'améliorer ses performances fonctionnelles et donc de réduire l'insuffisance respiratoire pour un même niveau d'action. Il constitue aujourd'hui une arme supplémentaire dans l'arsenal thérapeutique puisqu'il apparaît que l'amélioration générale du métabolisme, par la reprise d'une activité physique et la lutte contre le déconditionnement, potentialise

les traitements traditionnels et en optimise les résultats avec un impact significatif sur la qualité de vie, et ce qu'elle que soit la pathologie.

3.1. L'évaluation de l'insuffisance respiratoire chronique par le kinésithérapeute (2, 26)

Elle mesure les incapacités afin d'individualiser le réentraînement et comprend :

- l'examen clinique et l'histoire médicale,
- les examens paracliniques :
  - les gaz du sang (repos et/ou effort),
  - l'oxymétrie de pouls,
  - l'exploration fonctionnelle respiratoire (EFR),
  - la radiographie thoracique,
- l'évaluation de l'adaptation à l'effort par :
  - *test de marche de 6 minutes* : il consiste à mesurer la distance parcourue sur terrain plat tout en surveillant la SpO2, la FC au repos et au cours du test ainsi que l'intensité de la dyspnée à l'arrêt de l'effort (annexe III),
  - *épreuve d'effort cardio-respiratoire* : sur cyclo-ergomètre, consiste à imposer un effort d'intensité croissante en surveillant l'évolution des paramètres cardio-vasculaires (FC, TA, activité électrique du cœur) et ventilatoires (VE, VO2, VCO2) par l'intermédiaire d'un masque facial relié à un analyseur. Elle est indispensable pour éliminer des contre-indications cardiaques au réentraînement telles que les troubles du rythme ou de la conduction. Elle détermine :
    - la puissance et la FC au SV_1 ou exceptionnellement au SV_2,
    - la SpO2 qui déterminera une éventuelle oxygénothérapie d'effort,
    - la FC maximale atteinte au cours de l'épreuve à ne jamais dépasser,
    - la $VO_{2\ \text{symptôme limité}}$ (VO_2SL) qui quantifie les possibilités maximales à l'arrêt de l'effort pour dyspnée, fatigue musculaire (...),
  - *la dyspnée* (échelle de Borg ou échelle visuelle analogique) (17),

- *ECG +/- échographie cardiaque (+/-MAPA),*

- un questionnaire de qualité de vie type St Georges' hospital (annexe IV).

3.2. Les principes (2, 22)

- **Le principe de surcharge** : un exercice doit suffisamment solliciter les réserves énergétiques pour entraîner une fatigue momentanée. La surcharge doit être progressive et permanente afin d'éviter une inadaptation organique se traduisant par un épuisement. C'est un facteur de progrès indispensable c'est pourquoi il faut la réajuster au fur et à mesure de l'amélioration des performances.
- **L'individualisation de l'entraînement** : pour être efficace, le niveau d'effort doit être suffisant. Il existe actuellement deux modalités retenues :
  - des exercices à charge constante dont le critère de référence peut être :
    - 50% de la fréquence cardiaque de réserve,
    - le SV corrélé au seuil de dyspnée qui a montré sa plus grande efficacité,
    - le seuil d'accumulation des lactates (~ 80% de la VO_{2max} véritable).
  - des exercices à charges alternées qui utilisent les effets des périodes d'activité élevée et ceux des périodes de récupération incomplète grâce au maintien d'une activité légère.
- **La spécificité de l'entraînement** : conduit à une sollicitation sélective des métabolismes, des articulations et des muscles en fonction des activités physiques pratiquées. L'entraînement sur bicyclette n'est pas spécifique pour préparer à la marche aussi il doit offrir une diversité d'exercices proches des activités fonctionnelles telles que la marche, les transferts, les escaliers…
- **L'alternance travail-repos** : permet d'éviter les surmenages physiques et psychologiques.
- **La quantité de travail** : 2 séances par semaine ne font qu'entretenir les aptitudes physiques. L'amélioration commence à partir de 3 séances. Au-delà de 5 ou lors de séances pluriquotidiennes, on parle d'athlétisation avec des risques de fatigue excessive pour les insuffisants respiratoires.
- **La surveillance** : est indispensable quelque soit le type de réentraînement et porte sur :
  - la dyspnée, la fréquence respiratoire, les douleurs musculaires,
  - la FC grâce à un cardiofréquence-mètre avec une alarme (+ /- 5 battements par minute) qui encadre la FC cible,

- la pression artérielle (la systolique s'élève normalement à l'effort jusqu'à une certaine limite définie pour chaque patient et la diastolique doit rester constante sinon cela signifie une augmentation des résistances vasculaires périphériques et donc un travail excessif du cœur),
- la saturation en oxygène (SpO_2) ne doit pas être inférieure à 90% avant et pendant l'exercice sinon l'entraînement doit être conduit sous oxygénothérapie.

- **L'évaluation** *:* objective l'efficacité du réentraînement par la mesure de la dyspnée (échelle de Borg), de la fréquence respiratoire, de la FC, de la TA et de la SpO_2 tout en prenant en compte les attentes du patient et son statut antérieur. D'autres paramètres sont spécifiques aux différents types de réentraînement comme le temps de pédalage et la résistance en watts pour le cycloergomètre ; le temps de marche, la vitesse et la pente pour le tapis-roulant, et la distance parcourue pour la marche.

3.3. Les objectifs du réentraînement à l'effort (2, 9, 12, 14)

Le réentraînement est le point majeur des programmes de réhabilitation respiratoire car il s'adresse à la maladie secondaire : le déconditionnement à l'effort. Il a pour but :

- de réduire la dyspnée d'effort et l'hyperventilation pour une charge sous-maximale,
- d'améliorer l'aptitude physique des patients en augmentant la tolérance à l'effort donc de déplacer le seuil d'adaptation ventilatoire vers des charges sous-maximales plus élevées,
- d'améliorer la qualité de vie et l'insertion sociale des patients en réduisant à court et moyen terme le handicap,
- de réduire le coût de la maladie en diminuant la consommation médicale, le nombre et la durée des hospitalisations.

4. LA RECHERCHE DES DIFFERENTS PROTOCOLES

Au service des insuffisants respiratoire du centre hospitalier universitaire de Nancy (Brabois adultes), les kinésithérapeutes utilisent le cycloergomètre comme seul moyen de réentraînement. Des

informations complémentaires sur les différents protocoles possibles se sont donc avérées nécessaires.

4.1. Le questionnaire (annexe V)

Un questionnaire a été envoyé par courriel ou courrier à différents centres, hôpitaux, cliniques et laboratoires de France, de Belgique et de Suisse essentiellement, tous spécialisés dans les pathologies respiratoires (annexe VI). Le but recherché était de confronter les programmes, les modalités et les protocoles de réentraînement actuellement appliqués.

4.2. La bibliographie

Concernant la théorie, de nombreuses recherches ont été effectuées au centre de documentation «REEDOC» de Nancy. Sa base de données fournit une liste d'articles publiés et d'ouvrages de référence sur les pratiques employées. La confrontation des points de vue met en valeur les divergences, voire les contradictions sur ce sujet. La bibliothèque universitaire de la faculté de médecine de Nancy et Internet ont permis d'approfondir la réflexion. Enfin la consultation de certains mémoires de l'IFMK de Nancy concernant les insuffisants respiratoires ont été des outils précieux.

4.3. L'intérêt

Le but de ce travail est de faire la synthèse la plus exhaustive possible de tous les protocoles de réentraînement à l'effort chez les insuffisants respiratoires à partir de la littérature, de la pratique actuelle, mais aussi de l'expérience acquise au cours du stage.

4.4. Les difficultés

- La première rencontrée fut la conception d'un questionnaire à la fois simple et précis pour obtenir rapidement des réponses utiles. Sur 36 services interrogés, une douzaine de réponses a été renvoyée, et parfois de façon très incomplète. C'est pourquoi il fut souvent nécessaire de contacter par courrier voire par téléphone certains kinésithérapeutes.
- Un obstacle supplémentaire aux recherches est le nombre d'articles intéressants écrits en anglais, langue malheureusement non étudiée à l'école de kinésithérapie.
- Un travail de réflexion a dû être mené afin de définir le terme «protocole». Tous les auteurs l'emploient, mais la signification qu'ils en donnent est parfois bien différente. Il désigne soit un type d'entraînement (endurance, force...), soit un type d'exercice (vélo, marche...) soit un programme (durée et fréquence des séances...). La difficulté résidait donc dans la classification de tous ces éléments.
- Enfin il existe un véritable amalgame entre les insuffisants respiratoires et les BPCO, qui représentent la majorité de ces malades.

4.5. Les résultats

Pour toutes les personnes contactées, il ne fait nul doute que la majorité des patients est masculine et que l'âge moyen se situe dans une fourchette de 55 à 65 ans. Ils sont porteurs de pathologies obstructives le plus souvent ou restrictives voire mixtes. Ils peuvent aussi bien être non oxygéno-dépendants, oxygéno-dépendants à l'effort ou même au repos. Ils sont externes, demi-pensionnaires ou pensionnaires, en court ou moyen séjour et peuvent poursuivre après leur stage des programmes à domicile ou en cabinet libéral ce qui est plus rare.

Alors que la littérature est diverse et riche, on trouve souvent en pratique les même types de réentraînement mais avec des divergences quant aux programmes. Les kinésithérapeutes les adaptent en effet en fonction de leurs patients, de la configuration des sites et des moyens financiers dont ils disposent, en se servant des protocoles validés comme référence. Il a donc fallu dépasser cette difficulté afin de réaliser une synthèse claire et précise.

5. LES PROTOCOLES DE REENTRAINEMENT

Le réentraînement cherche à obtenir une adaptation physiologique de l'organisme par la modification des capacités neuromusculaires (coordination) et énergétiques (condition physique) du sujet qui demande des stimuli adéquats. Or, ils diffèrent selon les critères d'amélioration recherchée : l'endurance le plus souvent ou la force musculaire. Ils sont cependant en partie liés puisque la force du muscle squelettique joue dans la sensation d'effort. C'est pourquoi, depuis quelques années, de nombreuses équipes proposent à ces patients un réentraînement de la force des muscles périphériques. Ainsi, nous disposons aujourd'hui de deux grands types de réentraînement : aérobique et anaérobique (22).

5.1. Le réentraînement aérobique ou entraînement de l'endurance musculaire

5.1.1. Le programme de réentraînement aérobique (22)

- **Intensité de l'exercice :**
  - **FC** : on propose le plus souvent 60% FC max (VO_{2max} - âge) ou 50% de la réserve cardiaque (FC max – FC repos). Cependant, ce marqueur est inutilisable chez le patient dont la VO_{2max} est limitée par le symptôme (VO_{2max}SL). Leur FC anormalement élevée pour un effort donné ne permet pas d'évaluer un exercice soutenu. De plus, quand le facteur limitant est ventilatoire, le patient abandonne avec une fréquence cardiaque très éloignée de la FC max.
  - **VO_2** : le niveau de VO_2 généralement proposé est de l'ordre de 50-60% de la VO_{2max}. On détermine alors la fréquence cardiaque qui lui correspond. Celle-ci devient une moyenne de surveillance adéquate.
  - **SV** : les approches ci-dessus sont discutables car elles ne sont pas individualisées et surtout inappropriées chez le malade dont la limite essentielle est respiratoire. PREFAUT et son équipe proposent de réentraîner le malade respiratoire au SV pour trois raisons (14, 23) :
    - La SV prend en compte un niveau métabolique précis,

- Ce seuil diffère d'un sujet à l'autre en fonction de l'âge, de l'aptitude physique et du mal en cause,
- Un entraînement constant au SV (55% de VO_{2max}) améliore l'adhésion thérapeutique du patient. Son niveau peut être identique à un sujet sédentaire ou être anormalement bas, apparaissant dès les premières minutes d'épreuves triangulaires. Si ce type d'entraînement est idéal chez le malade respiratoire, il demande une évaluation préalable pas toujours possible. Dans ce cas, le réentraînement standard en fonction de la FC de réserve (60%) est souhaitable.

- **Durée des séances** : dans certaines études, elle n'est même pas donnée. D'autres parlent de 2 ou 4 heures incluant une séance de kinésithérapie respiratoire, une période d'éducation et de soutien psychologique. En pratique, 45 minutes d'effort semblent nécessaires et admises pour le réentraînement proprement dit. Pour les patients les plus sévèrement touchés, la durée des exercices peut être fractionnée afin d'arriver à un minimum de 30 minutes pour une intensité retenue.
- **Fréquence par semaine** : elle varie de la pratique quotidienne à 3 fois par semaine ; on retiendra au moins trois séances par semaine. Les intervalles trop longs empêchent l'effet de sommation recherché, mais les patients pulmonaires chroniques étant aussi pour la plupart très déconditionnés, nécessitent une récupération entre les séances. Ces programmes viennent en effet se surajouter aux activités de la vie courante.
- **Durée du programme** : bien que certaines études parlent de 4 semaines, il semble que 8 à 10 semaines soit la durée nécessaire pour obtenir une réponse physiologique en terme de diminution de V_E, de la dyspnée et d'augmentation de la qualité de vie pour un même effort sous-maximal. La chronicité de la maladie ou les périodes de surinfection peuvent interrompre momentanément la réadaptation. Les bénéfices attendus sont moins rapidement obtenus. Les programmes sont établis et régulièrement réévalués en fonction du stade de gravité. S'ils sont souvent expliqués dans chaque étude, les auteurs ne décrivent que rarement, et de façon incomplète, leurs protocoles.

➢ Le travail en endurance selon les protocoles est à privilégier pour les patients ayant un VEMS > 40%.

5.1.2. Les modalités de l'entraînement aérobique

5.1.2.1. Entraînement des membres inférieurs :

Le problème du kinésithérapeute est de déterminer le meilleur outil pour son patient, chacun ayant ses avantages et ses inconvénients (annexe VII). Ce choix est d'autant plus difficile qu'il existe peu d'articles satisfaisants à ce sujet. Il doit également veiller au respect de la progression des exercices dans la mesure où la mise en situation d'échec quelle qu'elle soit, doit impérativement être évitée. Les protocoles sur cyclo-ergomètre et tapis-roulant sont les plus fréquemment usités.

5.1.2.1.1. Le cyclo-ergomètre : il existe 3 protocoles adaptés aux BPCO (2) :

- **Entraînement en créneau inversé** (PREFAUT) (16) :

Il préconise un entraînement d'intensité modérée dont l'efficacité est prouvée et qui pourra être poursuivi par le patient à long terme sans contrainte de surveillance médicale. Les 10 minutes d'activité au SV_1 alternent avec les 5 minutes de repos actif et cela trois fois de suite.

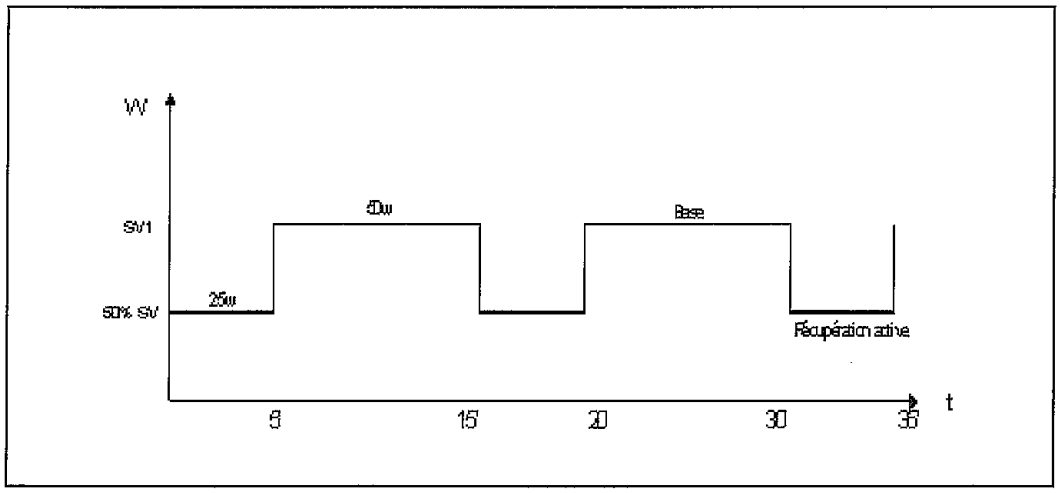


Figure 1 : Exemple d'entraînement en créneau inversé selon Préfaut

- **Entraînement de type interval-training appelé SWEET proposé par Gimenez** *(9)* :

Il alterne des périodes de 4 minutes au SV_1 et des pics d'une minute à VO_{2max} (SV_2). Les mesures de VO_{2max}, puissance maxima tolérée (PMT), SA = SV_2 au cours des tests sont indispensables.

Les résultats montrent le bien fondé de ces choix *base* et *pic* par des variations modérées de l'équilibre *acide – base* (lactates, bicarbonates) ; le pH restera normal et constant car les phases d'hyperventilation relative après chaque pic sont éliminatrices de lactates, consommés par les muscles. La concentration en protons à 45 minutes reste dans la fourchette des valeurs normales observées au repos ce qui suggère :

- soit que les charges de travail relèvent du processus aérobie,
- soit que le temps de récupération de bases suffit pour compenser les acidoses lactiques post *pic*.

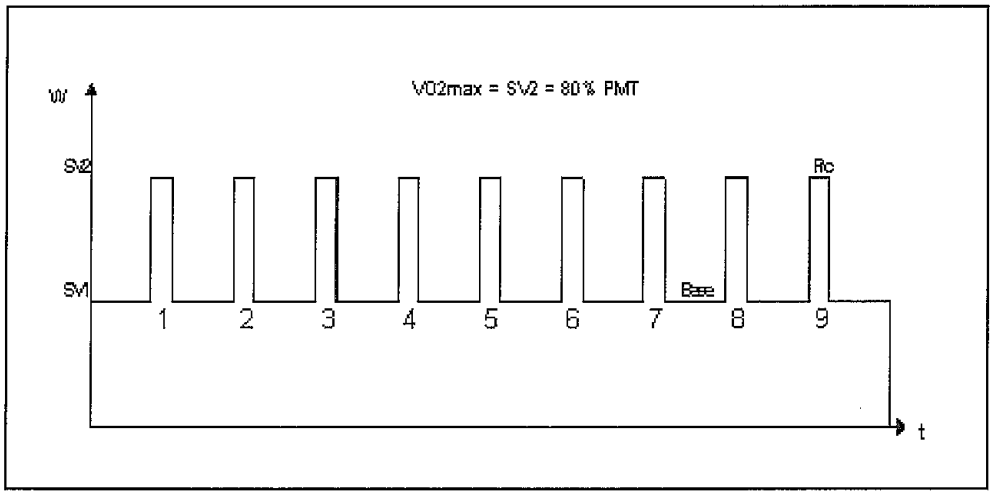


Figure 2 : Exercice de type SWEET (Square Wave Endurance Exercice Test)

Hermansen penche pour la première hypothèse. En effet, une contribution *anaérobie lactique* au métabolisme énergétique de l'organisme entraîne une accumulation continue des lactates en fonction du temps. Au contraire, une condition où les lactates ont une valeur constante même à un haut niveau énergétique (supérieure au repos) comme c'est le cas, est aérobie. Ce protocole est utilisé à la fin d'un programme ou pour des patients peu dyspnéiques car il reste plus difficile. Aussi Lonsdorfer a créé un Programme d'Entraînement Personnalisé en Créneaux (PEP'C) avec seulement 6 pics pour permettre à une grande majorité des patients BPCO la réalisation de toutes les séances sans interruption.

- **l'entraînement de fond classique à une puissance constante**, correspondant au SV_1, c'est à dire au niveau d'apparition de la dyspnée. C'est la fréquence cardiaque mesurée à ce niveau qui sert

de référence. Le principe de surcharge conduit à augmenter l'intensité de l'exercice quand la fréquence cardiaque diminue d'au moins 10 battements par minutes au cours des entraînements (indicateur fondamental de progrès).

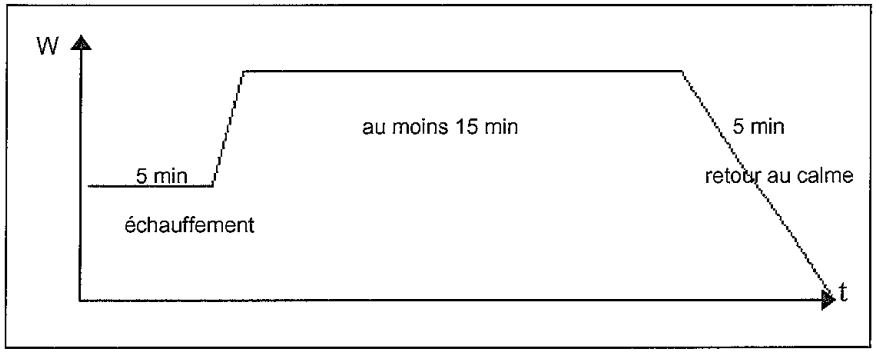


Figure 3 : Exercices à charge constante en aérobie (endurance)

Mais l'entraînement à train constant présente certaines difficultés quant à sa mise en pratique (9) : effectuer d'un seul trait les 45 minutes d'exercice constant est souvent irréalisable (Casaburi et al. 91). Ces auteurs proposent trois séries de 15 minutes d'exercice séparées par des périodes de repos d'environ 10 minutes et pour les malades plus sévèrement atteints 10 minutes d'exercice avec 5 minutes d'interruption pendant la séance. Mais le contrôle de l'équilibre *acide – base* chez ces patients n'a pas été vérifié et on peut envisager que des arrêts répétitifs après des niveaux d'exercice relativement élevés puissent augmenter l'acidose métabolique souvent non compensée.

* *Avantages* du cyclo-ergomètre: sont divers et variés (6, 7) ce qui explique sa fréquente utilisation :
  - prix modéré et peu encombrant,
  - possibilité de quantifier la résistance en watts pour des efforts calibrés,
  - facilité d'utilisation, sécurité d'emploi, facteur de poids éliminé,
  - stabilité avec contrôle de la FC, SpO_2, tension artérielle précis,
  - autocontrôle du pouls facile et possibilité d'un programme à domicile,
  - permet plus facilement le réentraînement sous oxygénothérapie si nécessaire.
* *Inconvénients* : travail spécifique des membres inférieurs.

5.1.2.1.2. Le tapis-roulant (6) : il existe deux protocoles :

- NICHOLAS propose, outre l'utilisation de la fréquence cardiaque cible, une technique adaptée au tapis-roulant pour régler **l'effort sur la vitesse, la pente et le temps de marche**, Le niveau de départ est déterminé suivant le principe suivant :
  - affichage d'une vitesse permettant de marcher entre 6 et 10 minutes,
  - augmentation du temps de marche de 1 à 5 minutes par semaine jusqu'à obtention d'un temps total de 20 minutes,
  - puis augmentation de la vitesse de plus de 20%.
- La méthode RIES semble privilégiée dans la littérature pour les patients aux faibles performances respiratoires. Ils ont un tel facteur limitant qu'il leur est difficile de solliciter la fonction cardiaque et par-là même d'avoir des fréquences qui varient significativement entre repos et effort maximal. Il suggère alors que les **réglages se fassent selon les symptômes**. Le patient éduqué est à même de repérer le niveau d'effort efficace. L'intensité d'entraînement est basée sur le niveau de dyspnée supportable, évaluée par échelle de Borg ou l'EVA.

➢ En résumé, l'entraînement se fait à des vitesses comprises entre 3 et 6 km /h à laquelle il est possible d'ajouter une pente jusqu'à 10% et ceci durant 30 minutes au maximum. Pour les sujets les plus graves, un travail supérieur à 60% du niveau maximum atteint durant le test d'effort, paraît impossible. Il importe alors de procéder autrement avec un travail en interval-training à raison de 2/3 de 60% de la charge maximale suivi d'un repos équivalent.

* *Avantages du tapis-roulant* (6, 7):
  - effort calibré avec variation de la pente et de la vitesse,
  - plus efficace, réaliste, attrayant et moins lassant que le vélo,
  - fait intervenir le poids du sujet et permet une sollicitation globale,
  - alternative intéressante s'il existe un problème articulaire gênant le pédalage,
  - augmentation de l'équilibre dans l'espace en allongeant le pas,
  - il économise le mouvement et, par la même, permet la lutte contre l'angoisse.

* *Inconvénients* :
  - Cette marche est peu physiologique,
  - cela nécessite une surveillance permanente et le contrôle de la TA est parfois difficile,
  - impossible de quantifier réellement la puissance, cher, encombrant et bruyant,
  - l'encadrement est indispensable pour éviter tout découragement (50% d'abandon).

5.1.2.1.3. La marche (18, 19) :

Elle se pratique individuellement ou en groupe. La charge d'entraînement est réajustée régulièrement en adoptant un **rythme** moins important jusqu'à un temps de travail égal à 12 minutes. Quand les 12 minutes sont atteintes sans modification de la saturation en oxygène, sans augmentation de la FC et sans atteindre le seuil de dyspnée, la marche doit être plus rapide. Les principes à respecter sont donc d'adapter l'oxygène si nécessaire et de pratiquer une respiration abdomino-diaphragmatique.

* *Avantages de la marche :*
  - c'est le moyen le plus simple et le plus physiologique,
  - l'émulation de groupe : en effet, certains centres proposent des parcours extérieurs plus ludiques et plus motivants du fait d'une certaine compétition qui se crée entre les patients.
* *Inconvénients* : pour les patients les plus désadaptés, la marche lente en terrain plat représente un exercice de plus de 30 watts parfois bien supérieur à leur seuil ventilatoire. Le cyclo-ergomètre a alors l'avantage de pouvoir démarrer la progression à des puissances très faibles, inférieures à celles de la marche.

5.1.2.1.4. La montée des escaliers (18, 19) :

Il faut respecter les mêmes principes, la même surveillance que pour la marche et c'est le rythme de montée qui devra être accéléré après les 12 minutes si tous les paramètres le permettent. L'évaluation se fera en faisant monter le sujet à son rythme et avec son oxygénothérapie habituelle si

nécessaire jusqu'à apparition de la dyspnée et en mesurant au 1er arrêt : la FC, la SpO_2, la Fr, la dyspnée, et le dénivelé.

- Le choix du type de réentraînement doit prendre en compte les groupes musculaires à réentraîner, la condition physique et l'âge du patient. Aussi, les types d'exercices varient en fonction de la configuration du site ou de la localisation de la réadaptation, c'est-à-dire un réentraînement mené à l'hôpital, en centre, en ambulatoire, au cabinet du masseur-kinésithérapeute ou au domicile.

5.1.2.2. Entraînement des membres supérieurs (1, 22, 26) :

Si le patient se plaint de dyspnée lors des activités quotidiennes telles que la marche ou la montée des escaliers, celle-ci est d'autant plus présente lors de gestes effectués avec les membres supérieurs tels que se laver, se raser, se coiffer ou s'habiller. Certains muscles de la ceinture scapulaire prennent part à la ventilation comme les muscles respirateurs accessoires : les pectoraux, les trapèzes et les scalènes qui, en se fixant lors d'un mouvement des membres supérieurs, sur la cage thoracique, perdent de leur efficience sur le plan respiratoire. L'altération des mouvements respiratoires, le recrutement des muscles expiratoires lors d'exercices d'élévation des bras et la demande métabolique augmentée contribuent à une charge de travail plus élevée et à un inconfort respiratoire majoré.

- **type d'exercices** :
  - le cyclo-ergomètre à bras : le plus souvent utilisé comme exercice de bras SOUTENUS,
  - les exercices de bras NON SOUTENUS : exercices réalisés contre la pesanteur en-dessous et au-dessus de l'horizontale.
- **La fréquence par semaine et la durée du programme** : cf. membres inférieurs.
- **Durée de la séance** :
  - bras SOUTENUS : cyclo-ergomètre à bras. La vitesse est de 50 à 60 tours par minute avec une résistance progressive développée de 5 watts de façon à tolérer une durée de 20 à 30 minutes,

- bras NON SOUTENUS : circuit de 4 à 5 exercices durant 20 minutes.

- **Intensité** : progressive et basée sur l'inconfort des membres supérieurs ou la dyspnée.

* *Avantages :*
  - des exercices soutenus : l'effort est calibré,
  - des exercices non soutenus : le patient est autonome et il s'avère que ce sont ces exercices contre pesanteur qui procurent les améliorations les plus significatives en terme de VO_2, V_E, dyspnée et de qualité de vie dans les gestes de la vie courante.

- *Inconvénients* :
  - des exercices soutenus : la pénibilité de l'exercice, la FC et la TA sont difficiles à contrôler,
  - des exercices non soutenus : l'effort n'est pas calibré et les mesures sont difficiles.

5.1.2.3. Entraînement des membres supérieurs et inférieurs (18)

Comme les bénéfices d'un programme d'entraînement sont spécifiques aux groupes musculaires entraînés, les exercices de bras combinés aux exercices de membres inférieurs au cours d'une même séance ne peuvent avoir que des résultats bénéfiques. Certains centres pratiquent le cyclo-rameur, le stepper, le ski de fond ou encore la natation dans le but de solliciter l'ensemble des muscles squelettiques. En piscine par exemple, il est facile de faire nager les patients sur place tout en augmentant progressivement la durée mais aussi la charge de travail à l'aide d'un poids variable relié à la ceinture par l'intermédiaire d'une corde et d'une poulie. La nage sur le ventre avec une planche et des palmes permet d'obtenir une dépense énergétique suffisante, appréciée sur le plan de la fréquence cardiaque. Enfin, en cas d'hypoxémie importante, le patient peut utiliser un masque délivrant une atmosphère enrichie en oxygène tout en nageant immobile.

* *Avantages* :
  - effort global avec une position plus expiratoire du diaphragme secondaire à la pression hydrique qui entraîne le plus souvent une amélioration de sa course,

- la modification du retour veineux, la diminution de la fréquence cardiaque pour un même effort et un même rendement musculaire, lui-même amélioré en immersion pour une même VO_{2max},
- effet bénéfique sur le drainage bronchique de la posture horizontale et de l'atmosphère, chaude, saturée en eau (très appréciable chez les asthmatiques),
- amélioration des épreuves ventilatoires (CV et VEMS),
- réduction de la dyspnée de repos et amélioration du bien-être quotidien.

* *Inconvénient* : la difficulté d'évaluation de l'effort.

5.2. Le réentraînement anaérobique ou entraînement de la force musculaire (22)

A ce sujet, la littérature est nettement plus pauvre que pour l'entraînement de l'endurance. Or, la force musculaire est partie prenante de l'endurance. Les statistiques montrent qu'un tiers des insuffisants respiratoires abandonne l'exercice pour des raisons de fatigue périphérique avant l'apparition de la dyspnée. Un entraînement de la force des muscles squelettiques semble donc intéressant puisqu'elle agit sur la tolérance à l'effort indépendamment de la fonction respiratoire. Ceci s'explique en partie par le fait qu'elle influence la perception de l'effort puis de la fatigue musculaire. Leur intensité est élevée, leur durée est courte et leur répétition faible. Les différentes séries de mouvements se succèdent, séparées par des périodes de repos avec récupération incomplète. Ils sont toujours précédés de 5 minutes d'échauffement et de stretching afin d'éviter tout traumatisme des articulations, des muscles et des tendons. C'est un entraînement segmentaire :

- **soit avec un support** : travail isocinétique ou avec un système dynamométrique à résistance interne asservie aux moments moteurs développés,
- **soit sans support** : contre la simple gravité à un rythme soutenu durant la gymnastique de groupe par exemple ou contre des poids supplémentaires (annexe VIII).

Ils s'adressent à des groupes musculaires bien individualisés. La progression est :

- 1 à 3 séries de 6 mouvements au tiers de la force maximale,
- 1 à 3 séries de 6 mouvements à la moitié de la force maximale,
- 1 à 3 séries de 6 mouvements à la force maximale.

La tendance actuelle est de travailler à une intensité maximale avec un minimum de répétitions. La FC

n'est alors d'aucune utilité pour estimer la charge développée. L'entraînement successif des groupes musculaires isolés majore leur endurance et le temps d'exercice global. Le travail en résistance, surtout des membres supérieurs, est à privilégier pour les patients sévèrement touchés.

5.3. Les exercices de gymnastique (22) :

Plusieurs centres associent la gymnastique aux autres activités. Elle présente l'avantage d'avoir un aspect ludique et de varier les exercices permettant de conserver la motivation des patients.

- **Visant à améliorer la force et l'endurance musculaire** : les exercices utilisant 80 à 100% du pic de contraction musculaire développent la force, ceux de l'ordre de 60% majorent l'endurance, par conséquent les exercices utilisant 60% à 80% s'adressent aux deux. Beaucoup de centres reprennent aujourd'hui certains exercices proposés par Clark dont la réalisation demande un VEMS > 40% de la valeur théorique (A et B de l'annexe IX).
- **Visant à améliorer la force et la souplesse** : ces exercices peuvent être réalisés par des patients sévèrement touchés (CV forcée et/ou VEMS < 40% des valeurs théoriques et sous O_2 au long cours). Ils sont également prescrits pour les patients inscrits dans un programme de greffe. Ils améliorent surtout la mobilité des membres et accessoirement leur force (C, D, E et F de l'annexe IX).
- **Exercices privilégiant les membres supérieurs** : (cf. précédemment). Parmi les exercices élémentaires, on peut proposer :
  - lancer une balle contre un mur, les bras maintenus au-dessus de l'horizontale
  - lever un sac lesté par-dessus la tête, les bras tendus au-dessus de l'horizontale
  - travail de la facilitation neuromusculaire coordonné avec la respiration et basé sur des mouvements en diagonale, censés exercer une chaîne musculaire fonctionnelle (Kabat), travail sur poulie, circumduction des épaules en soulevant un poids…

5.4. L'entraînement isolé des muscles respiratoires (3, 5, 15, 25)

Ce réentraînement spécifique est beaucoup plus discutable que les précédents. Chez les BPCO, il existe une modification de la mécanique ventilatoire. En effet, le diaphragme, principal

muscle inspiratoire, se trouve en position raccourcie ce qui induit une diminution de son efficacité et une augmentation de son travail, 5 fois supérieur à celui des sujets sains. La décompensation des BPCO provient d'une fatigue du diaphragme et des autres muscles respiratoires. Souvent ces patients présentent également une atrophie musculaire avec perte de poids (environ 1/3 de ces patients) qui s'accompagne d'une modification de la composition des fibres musculaires. La fatigue des muscles respiratoires et périphériques est donc plus importante et plus rapide. Pour renforcer les inspirateurs, on utilise la technique d'entraînement spécifique des muscles inspirateurs (ESMI). Les 3 méthodes les plus habituellement utilisées sont des techniques d'entraînement de l'endurance de ces muscles. Elles reposent sur une activité prolongée d'intensité modérée.

- **L'hyperventilation isocapnique** consiste pour le patient à maintenir une hyperventilation maximale pendant 10 à 15 minutes, 2 fois par jour. Mais cette technique est peu utilisée car il est difficile de garder le taux de CO_2 à un niveau constant.
- **La résistance inspiratoire ajustable** implique que le patient respire normalement à travers des embouts inspiratoires (Threshold ®) et le thérapeute augmente progressivement la résistance. Il est indispensable de surveiller la fréquence respiratoire car si elle devient trop lente, le patient diminue l'intensité d'entraînement.
- **La charge inspiratoire à seuil** : «les muscles inspiratoires doivent développer une force suffisante pour s'opposer à la pression positive de fin d'expiration avant de démarrer l'inspiration».

Selon les JIKRI, «le Threshold ® inspiratoire est utilisé dans le réentraînement des BPCO (niveau 1)... Il améliore la force et l'endurance des muscles inspiratoires. Ses effets sur la tolérance à l'effort sont plus controversés». On observe les mêmes résultats dans la mucoviscidose. En revanche, les asthmatiques présentent une amélioration de la qualité de vie, du seuil de dyspnée, du VEMS, du DEP et une diminution de la prise médicamenteuse.

6. RESULTATS (2, 3, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 20) :

Tous les auteurs qui font un réentraînement bien conduit s'accordent pour dire qu'il n'y a pas de modifications des paramètres respiratoires : le réentraînement ne s'adresse qu'à la maladie secondaire et n'améliore donc pas les données spirométriques. Cependant plusieurs bénéfices tant pour la santé du patient que pour la santé publique sont indéniables chez les BPCO :

- diminution du nombre d'exacerbations annuelles et du nombre de séjours à l'hôpital ainsi que de la durée moyenne de séjour d'où une régression des coûts de santé,
- diminution du nombre de décès dus à la pathologie respiratoire,
- diminution de la dyspnée (études randomisées de Ries, de Sassi-Dambrom ...),
- réduction de l'hyperventilation et de la lactatémie (études de Casaburi et de Vallet),
- amélioration des muscles squelettiques (augmentation de leur force et des enzymes de phosphorylation oxydative de la loi métabolique aérobie),
- augmentation de la puissance maximale et de la VO_{2max} (Ries, Vallet et Reardon si le réentraînement à l'effort est supérieur au seuil ventilatoire),
- augmentation du temps d'endurance (Ries),
- augmentation de la distance parcourue (Cockroft et Goldstein),
- amélioration de la qualité de vie (Grobois, en utilisant l'auto-évaluation par des EVA, a constaté un meilleur sommeil, une diminution de l'anxiété et de la dyspnée et une augmentation des possibilités physiques),
- amélioration de la force et de l'endurance des muscles respiratoires.

7. DISCUSSION : quels sont les devenirs possibles des résultats obtenus ?

1) *Le retour à la vie sédentaire antérieure* : les effets respiratoires et circulatoires du réentraînement en établissement spécialisé disparaissent, si le patient redevient complètement sédentaire. Le déclin de la VO_{2max} commence après dix jours d'inactivité et le bénéfice d'un entraînement en endurance à ce niveau est perdu au bout de sept semaines.

2) *Les effets de l'entraînement* : le mécanisme de l'amélioration générale est sujet à débat. En effet, l'étude de Casaburi insiste sur l'amélioration de la capacité aérobie. Or, un entraînement très court peut diminuer la production de lactates, probablement par une utilisation différente des substrats. Aussi, une désensibilisation à la dyspnée et/ou une réduction de la peur de réaliser les exercices ont été rapportées. Mais ces améliorations bien décrites par le patient ne s'accompagnent d'aucune modification respiratoire de repos, le réentraînement général n'améliorant que la tolérance à l'effort. Un élément intéressant est de savoir quel est le retentissement d'un réentraînement général sur les muscles respiratoires. Peu d'études portent sur le sujet et les résultats sont discordants. Reste la question du réentraînement des muscles respiratoires : doit-il faire partie de la stratégie thérapeutique, sachant que les résultats sur la tolérance à l'effort et la dyspnée sont nuls ? Certaines études intéressantes associent le réentraînement général à celui des muscles respiratoires. Elles montrent une amélioration de la tolérance à l'effort plus importante que le réentraînement général seul, mais ces travaux demandent à être confirmés.

3) *La conservation des effets de l'entraînement* : les effets bénéfiques de l'entraînement ne se conservent que deux mois et sont aussi difficiles à retrouver que la première fois. Le résultat obtenu n'est jamais acquis et l'entraînement doit être poursuivi indéfiniment. Mais à domicile, le patient ne dispose pas des facilités qui existent dans un centre spécialisé où intervient à tout moment une équipe multidisciplinaire. L'intensité de l'entraînement ne doit jamais être réduite si l'on veut conserver le niveau atteint au centre. En ce qui concerne la fréquence de l'entraînement, elle doit être de trois séances par semaine d'environ 45 minutes chacune.

CONCLUSION

Dans l'état actuel des connaissances, le réentraînement général à l'effort améliore la tolérance et la dyspnée à l'effort des insuffisants respiratoires. Cependant, le réentraînement des muscles respiratoires n'a pas encore démontré son efficacité. Reste la question de la combinaison de ces deux types d'entraînements qui mériterait des études supplémentaires.

Le réentraînement, quel qu'il soit, doit toujours se concevoir dans un programme plus général, dit de réhabilitation respiratoire, qui tient désormais une place prépondérante dans la prise en charge des insuffisants respiratoires, et qui comprend entre autre l'éducation pour la santé. Elle permet au patient de lui faire accepter sa maladie, de l'autonomiser et de le fidéliser à sa thérapeutique. Ce programme va alors lui permettre de rester le plus longtemps possible en dehors du cercle vicieux de la dyspnée et donc d'avoir une meilleure qualité de vie tout en diminuant le coût des dépenses de santé.

Ce mémoire a donc fait une synthèse des protocoles utilisés dans les établissements spécialisés, bien souvent modifiés par rapport à ceux de référence décrits dans la littérature en fonction du niveau de gravité des patients mais aussi des moyens financiers et de la configuration des sites. Il ne ressort pas de protocoles d'entraînement idéal, chacun ayant ses avantages et ses inconvénients. Il appartient donc au masseur-kinésithérapeute de choisir le protocole adapté tout en respectant les objectifs et le niveau de progression de son patient.

BIBLIOGRAPHIE

1. **ABRIL E., GIMENEZ M., BARCHICHE K., CHABOT F., POLU J.M.** – Endurance des membres supérieurs et dyspnée dans les bronchopneumonies chroniques obstructives, Médecine du sport, 1994, T 68, n°3, p. 132-136.

2. **ANTONELLO M., DELPLANQUE D., COTTEREAU G., GILLOT F., PLANCHE M.A., SELLERON B.** – Comprendre la kinésithérapie respiratoire : du diagnostic au projet thérapeutique. – Paris : Masson, 2001. – 277p.

3. **BISSERIER A., BARTHE J.** – Approche des raisons de la disparité des résultats dans le réentraînement chez l'insuffisant respiratoire chronique. – Cah. Kinésithér., 1991, fasc.150, n° 4, p. 11-18.

4. **CALLIS A., DAURES M.F.** – Acidose et fatigue musculaire. – Médecine du sport, 1995, 69, 2, p. 79-82.

5. **DELGUSTE P.** – Peut-on entraîner les muscles respiratoires ? – Ann. Kinésithér., 2001, T 28, n°6, p. 255-259.

6. **DUBREUIL C.** - Réentraînement à l'effort et BPCO. – Kinéréa, 2002, 35, p. 83-87.

7. **DUBREUIL C.** - Réentraînement à l'effort et insuffisance respiratoire. – Rééducation 1991, Paris : ESF. 1991, p. 351-357.

8. **GAUCHEZ H.** – Effet d'un stage de réhabilitation chez les patients atteints de BPCO. – Cah. Kinésithér., 1995, fasc.175, n°5, p. 6-14.

9. **GIMENEZ M., ABRIL E., CHABOT F., VILLEMOT J.P., MATTEI F., POLU J.M.** – Stratégies d'entraînement physique et ventilatoire des malades avant et après greffe pulmonaire – Médecine du sport, 1994, T 68, n°3, p. 146-155.

10. **HUCHON G.** – Corrélations clinico-fonctionnelles – Rev. Mal. Respir., 1998, 15, 2, p.S33-S36.

11. **KEMOUN G., STRECKER A., DURLENT V., CLERSON P.** – Réhabilitation respiratoire : résultats à un an sur la tolérance à l'effort et la qualité de vie.- Rev. Mal. Respir., 2000, 17, p. 849-855.

12. **KEMOUN G.** – Reconditionnement à l'effort et handicap. – Paris : Frison Roche, 2000 – p. 43-57. Actes des 13èmes entretiens de l'institut de Garches.

13. **PECA D. –** Une expérience de réhabilitation respiratoire en cabinet en ville. – Cah ; Kinésither., 2000, 203, 3, p. 17-20.

14. **PREFAUT C.** – Réentraînement musculaire de l'insuffisance respiratoire chronique. – Médecine du sport, 1994, T. 68 – N°3, p.128-131.

15. **PREFAUT C.** – Effets comparés du réentraînement à l'effort et de l'entraînement spécifique des muscles respiratoires sur l'amélioration de l'aptitude à l'exercice des bronchopneumopathes chroniques. – Cah. Kinésithér., 1995, fasc.175, n°5, p. 1-5.

16. **PREFAUT C. –** Réhabilitation respiratoire. Encyclopédie médico-chirurgicale, AKOS Encyclopédie Pratique de Médecine, 6-0990, 1998, 4p.

17. **PREFAUT C.** – Le réentraînement à l'effort dans le traitement de la dyspnée. – Cah. Kinésithér., 1999, 196, 2, p. 5.

18. **PREFAUT C., KOTSKI N., HERISSON C. –** Le réentraînement à l'effort. – Paris : Masson, mars 1995, p. 37-41, p. 103-111 et p. 136-142 – Collection Abrégés.

19. **SELLERON B., AGNEZ M., DE RENZIS CH., HOOMANS N., ALEXANDRE G., BOUNIOUX M., DUCHESNE G., CHAUMUZEAU J.P.** – Pratique et résultats du réentraînement à l'exercice chez le BPCO sévère. – Cah. Kinésithér., 2000, 203, 3, p.12-16.

20. **SERGYSELS R.** – Le réentraînement à l'effort : son intérêt pour le patient atteint de bronchopneumopathies obstructives. – Revues des maladies respiratoires, 1996, 13, p. 95-100.

21. **VANDEVENNE A.** – Rééducation respiratoire des BPCO – 2ème édition – Paris : Masson, 1988,118p.

22. **VANDEVENNE A.** – Rééducation respiratoire. – Paris : Masson, 1999, p. 15-49. – Collection Bois-Larris.

23. **VALLET G., VARRAY A., FONTAINE J.L., PREFAUT C.** – Intérêt du réentraînement à l'effort individualisé, au niveau du seuil ventilatoire, au cours de la bronchopneumopathie chronique obstructive de sévérité modérée. - Rev. Mal. Resp., 1994, 11, p. 493-501.

Pour en savoir plus :

24. Actualisation des recommandations de la SPLF pour la prise en charge de la BPCO. - Info respiration, n°55, mai-juin 2003.

25. **GOUILLY P.** – Muscles inspiratoires et pathologies obstructives, Congrès SPLF, janvier 2002.

26. **OPDEKAMP C.** – Réadaptation pulmonaire, site de l'Hôpital Erasme
http://www.ulb.ac.be/erasme/fr/services/paramed/kine/secteurs/secteur_pd/reada_pneumo.html

ANNEXES

ANNEXE I

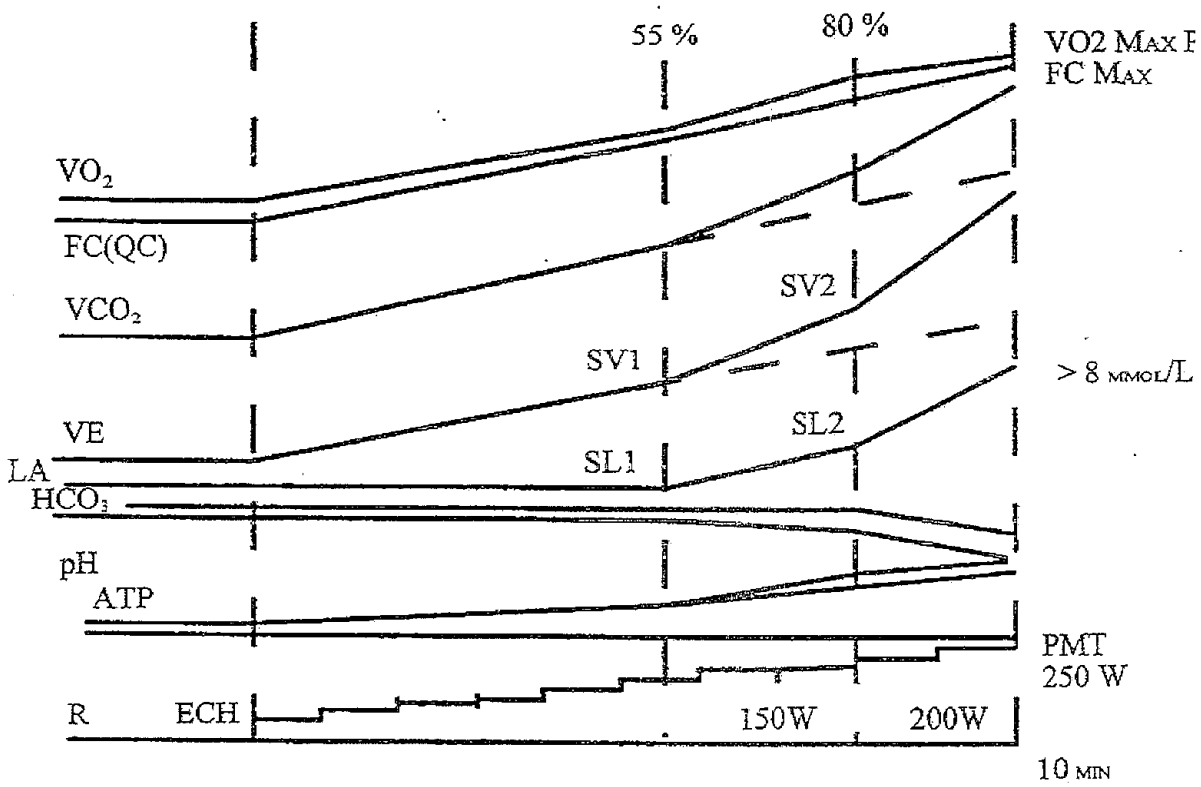


Figure 1 : Seuil ventilatoire et seuil d'accumulation des lactates

ANNEXE II

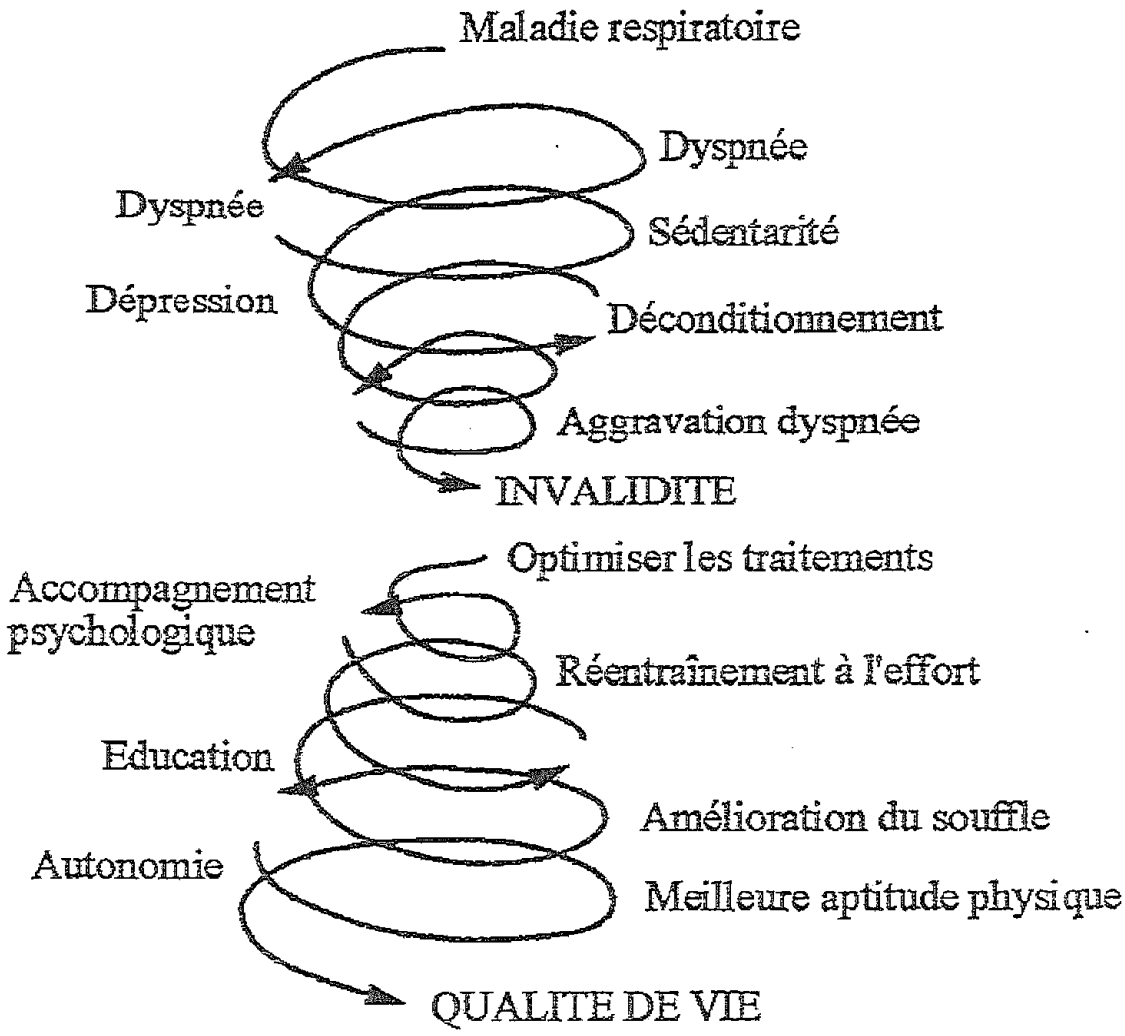


Figure 2 : Le cercle vicieux du déconditionnement

ANNEXE III

Service des
Maladies Respiratoires & Réanimation Respiratoire
Pavillon Paul-Louis Drouet - Pr J-M POLU
CHU de Nancy Brabois

TEST DE MARCHE
6 minutes

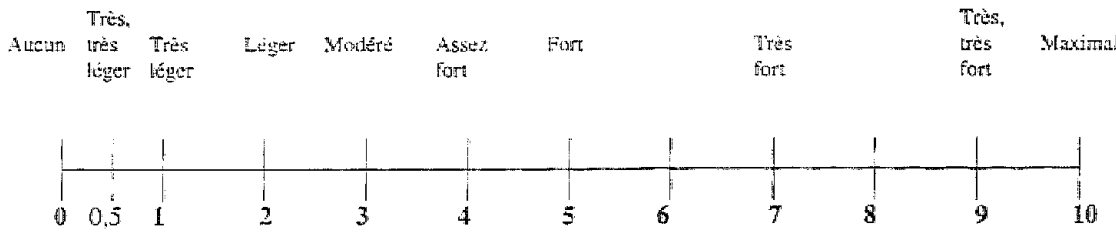
Etiquette patient

Date :

	SpO_2	Fc	Périmètre Parcouru	O_2	Observations
Repos					
2 min.					
4 min.					
6 min.					
Récupération					
1 min.					
3 min.					

Nous vous interrogeons à propos de votre essoufflement à la fin du test de marche de 6 min. Merci de répondre sur l'échelle suivante :

ESSOUFFLEMENT



ANNEXE IV

Le « MRF » Maugeri Respiratory Fondation subdivisé en 28 items analysant les composants principales
Synthèse du Questionnaire St George (SGRQ) et du Sickness Impact Profil (SIP)

1.Activités quotidiennes

1. En me lavant (le visage, le cou, etc.), je me sens à bout de souffle. R : non
2. En me peignant mes cheveux ou en me rasant, je me sens à bout de souffle. R : oui
3. En m'habillant, je me sens à bout de souffle. R : oui
4. A cause de ma maladie de poumon, je suis incapable de prendre une douche comme je voudrais. R : oui
5. A cause de ma maladie de poumon, je ne peux pas mettre mes chaussettes, bas ou mes chaussures comme je voudrais. R : oui
6. A cause de ma maladie de poumon, je ne suis pas capable de cuisiner comme je voudrais. R : oui
7. A cause de ma maladie de poumon, je ne peux pas faire le ménage ou bricoler comme je voudrais. R : oui
8. A cause de ma maladie de poumon, quand j'en ai besoin, je ne peux pas me pencher comme je voudrais. R : oui
9. A cause de ma maladie de poumon, quand j'en ai besoin, je ne peux pas ramasser des objets légers comme je voudrais. R : oui
10. A cause de ma maladie de poumon, je ne peux pas jouer avec mes enfants comme je voudrais. R : oui
11. A cause de ma maladie de poumon, je ne peux pas parler autant que je voudrais. R : oui

2. Fonctions cognitives

1. J'oublie des noms plus qu'auparavant. R : non
2. Je me sens l'esprit vide. R : oui
3. Quand je parle, j'oublie souvent ce que je voulais dire. R : non
4. Même quand quelque chose m'intéresse beaucoup, je ne peux pas maintenir mon attention aussi longtemps que je voudrais. R : oui

3. Invalidité

1. A cause de ma maladie de poumon, je suis devenu un invalide. R : non
2. A cause de ma maladie de poumon, tout me semble difficile à faire. R : oui
3. A cause de ma maladie de poumon, je vais voir mes amis ou mes connaissances moins que d'habitude. R : oui
4. A cause de ma maladie de poumon, je passe beaucoup plus de temps seul. R : oui
5. A cause de ma maladie de poumon, quand je suis à l'extérieur j'estime que je dois avoir quelqu'un avec moi. R : non

4. Items avec un coefficient de corrélation inférieur à 0.5 avec n'importe quel facteur

1. Je me sens fatigué le matin R : non
2. j'ai l'impression de ne pas m'être reposé durant la nuit R : oui
3. je me sens irritable pendant tout au long de la journée. R : non
4. Je pense que mon problème respiratoire est incurable.
5. A cause de ma maladie respiratoire, j'ai l'impression que R : oui je suis un fardeau pour ma famille. R : non
6. A cause de ma maladie respiratoire, j'évite de faire des corses. R : oui
7. Me mettre debout m'essouffle. R : oui
8. Mes problèmes respiratoires interfèrent considérablement sur ma vie. R : oui

TOTAL DES POINTS : 20/28

R : réponse
1 point par réponse positive
0 point par réponse négative
Le résultat rapporté en pourcentage sur 100, 0 patient normal – 100 patient très handicapé.

ANNEXE V

Questionnaire

SERVICE DES INSUFFISANTS RESPIRATOIRE DE L'HOPITAL OU DU CENTRE DE READAPTATION RESPIRATOIRE :
Adresse :.....
Tel :.....
E-mail :.....
Nom et fonction de la personne répondant au questionnaire :
.....

I. Quel type de réentraînement à l'effort utilisez-vous pour les insuffisants respiratoires ?

- ❑ La marche
- ❑ Le tapis roulant
- ❑ Le cyclo-ergomètre
  - o Entraînement de fond classique à une puissance constante correspondant au seuil de dyspnée
  - o Entraînement de type *interval-training* (sweet)
  - o Entraînement en créneau inversé
  - o Autre :

  (Comment déterminez-vous le type d'entraînement le plus adapté au patient ?)

- ❑ Le cyclo-ergomètre à bras
- ❑ Le cyclo-rameur
- ❑ Travail segmentaire sur banc de Koch
- ❑ La piscine
- ❑ Les parcours extérieurs
- ❑ Autres :

Pouvez- vous préciser les exercices proposés aux patients, dans le cas des parcours extérieurs et de la piscine notamment (nombre de répétitions, de séries, de temps de repos, et les périodes d'échauffement et de récupération...)?

II. Quel est le protocole de réentraînement à l'effort mis en place ?

- La fréquence par semaine :
- La durée de la séance :
- La durée du programme :
- L'intensité du travail (% VO_2 max, % de la FC max, seuil ventilatoire, autres):
- Les modes de surveillance
  - o Fréquence cardiaque (cardio-fréquence mètre ?)
  - o Saturation pulsatile en 0_2
  - o Tension artérielle
  - o Dyspnée
  - o Autre :

III. Quel a été le bilan préalable au repos et à l'effort ?

- ❑ Test de marche de 6 minutes
- ❑ Test navette
- ❑ Epreuve d'effort
  - o Triangulaire sur vélo, sur tapis roulant
  - o Autre :

IV. A t-il été validé ?
Si non, observez-vous des bénéfices suite au réentraînement ? Lesquels ? Pendant combien de temps ?

V. Quels sont les avantages et les inconvénients selon vous des différents types d'entraînements pratiqués ?

VI. A propos des patients insuffisants respiratoires :

- ❑ Quel est leur degré d'atteinte ?
  - o Non oxygéno-dépendants
  - o Oxygéno-dépendants à l'effort
  - o Oxygéno-dépendants au repos et à l'effort

- ❑ Les insuffisants respiratoires chroniques sont-ils ?
  - o Restrictifs
  - o Obstructifs
  - o Mixtes

VII. Quel est l'âge moyen des patients ?

VIII. Les patients sont-ils en majorité ?

- ❑ Des hommes
- ❑ Des femmes

IX. Ont-ils recours à ce réentraînement ?

- ❑ Avant une opération
- ❑ Après une opération
- ❑ Pour améliorer leur qualité de vie

X. Sont-ils ?

- ❑ Externes
- ❑ Pensionnaires

XI. Faites-vous également un réentraînement spécifiques des muscles respiratoires ? Si oui, en quoi consiste t-il ?

XII. Je désire recevoir les conclusions de ce mémoire
- ❑ Oui
- ❑ Non

ANNEXE VI

Liste des centres, hôpitaux et cliniques interrogés

1. **Centre hospitalier d'Annecy**
   1, avenue Trésum
   74000 Annecy
   04 50 88 33 39

2. **Clinique du lac et d'Argonay**
   22, rue André Theuriet
   74370 Argonay
   04 50 23 41 05

3. **Centre hospitalier de la côte basque**
   Avenue de l'interne Jacques Loëb
   64100 Bayonne
   05 59 44 35 35

4. **Unité de réadaptation cardio-respiratoire**
   Groupe Hopale – Institut Calot
   Rue du Docteur Calot
   62600 Berck sur Mer

5. **CHU Brest**
   29609 Brest Cedex
   02 98 34 23 59

6. **Centre Médical Rhône Azur**
   70, route de Grenoble
   05105 Briançon
   04 92 25 40 40

7. **Centre hospitalier de Carcassonne**
   Route de St Hilaire
   11012 Carcassonne
   04 68 24 24 46

8. **Centre hospitalier intercommunal de Castres**
   20, bd Maréchal Foch
   81108 Castres
   05 63 71 63 71

9. **Hôpitaux civils de Colmar**
   39, avenue de la liberté
   68024 Colmar

10. **Centre de rééducation de Bourgogne « Les Rosiers »**
    45, bd Henri Bazin
    BP 44 – 21002 Dijon Cedex
    03 80 44 50 00

11. **Centre hospitalier public**
    Unité L'Orcet
    01100 Hauteville
    04 74 40 22 00

12. **Institut de rééducation fonctionnelle**
    Chemin Almanare Pomponiana
    83400 Hyères
    04 94 35 94 35

13. **Centre hospitalier départemental La Roche sur Yon**
    95025 La Roche sur Yon
    02 51 44 62 28

14. **Hôpital Flaubert**
    55, bis rue G. Flaubert
    76660 Le Havre
    02 32 73 38 50 55

15. **Polyclinique de la Louvière**
    Centre de réhabilitation respiratoire et de réentraînement à l'effort
    69, rue de la Louvière
    59042 Lille Cedex
    03 20 15 70 86

16. **Centre Cyr Voisin**
    20, rue Henri Barbusse
    59120 Loos
    03 20 10 52 01
    ycarcano@ch-loos.fr

17. **Centre hospitalier de Montbéliard**
    2 rue Dr Flamand
    25209 Montbéliard
    03 81 91 61 02

18. **Laboratoire de physiologie des interactions**
Service d'EFR – Hôpital Arnaud de Villeneuve
34295 Montpellier Cedex 5
04 67 33 59 08
demoly@montp.inserm.fr

19. **Centre hospitalier de Mulhouse**
87, avenue d'Altkirch
68100 Mulhouse
03 89 64 79 97

20. **Centre de rééducation fonctionnelle « le grand feu »**
74, rue de la Verrerie
79000 Niort
05 49 32 39 39

21. **Clinique du souffle – la Solane**
19, rue Casteillets
66340 Osséja
04 68 30 74 74
solane@altranet.fr

22. **Institut St Pierre**
371, Av de l'Evéché de Maguelone
34250 Palavas-les-Flots
04 67 07 75 00

23. **Centre hospitalier Maréchal Joffre**
20, avenue du Languedoc
BP 4052 – 66046 Perpignan

24. **Centre de rééducation Sancellemoz**
74480 Plateau d'Assy
04 50 91 04 04

25. **Centre de pneumologie de La Grange sur le Mont**
BP 104 – 39110 Pont d'Héry
03 84 53 16 37

26. **Centre hospitalier de Remiremont**
Rue Georges Lang
BP 161 – 88187 St Dié
03 22 32 33 33

27. **Clinique de St Orens**
12, avenue de Revel
31650 St Orens

28. **Centre hospitalier de St Brieux**
BP 2367 – 22023 St Brieux
02 96 01 70 65

29. **Centre hospitalier Broussais**
1, rue de la Marne
35403 St Malo

30. **Centre hospitalier St Nazaire**
BP 424 – 44606 St Nazaire
02 40 90 63 31

31. **Les Escaldes**
66760 Villeneuve des Escaldes
04 68 30 70 70
lesescaldes.admin@wanadoo.fr

32. **Centre hospitalier de Villefranche**
BP 436 – 69655 Villefranche
04 74 45 46 47

33. **Service de rééducation fonctionnelle polyvalente et de réentraînement à l'effort**
Centre hospitalier de Wattrelos
Rue du Docteur Alexander Fleming
59393 Wattrelos Cedex
03 20 66 40 47
gkemoun@nordnet.fr

34. **Service de Pneumologie Hôpital Erasme**
808, route de Lennik
1070 Bruxelles
pdevuyst@ulb.ac.be

35. **Centre Valaisan de pneumologie**
3963 Crans Montana
pierre-yves.roberfroid@admin.vs.ch

36. **Hôpital cantonal – Service de physiothérapie**
25, rue Micheli du Crest
1211 Genève 14
pascal.lebas@hcuge.ch

ANNEXE VII

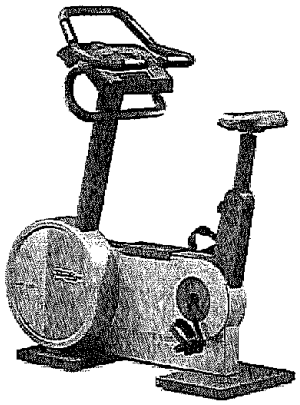


Figure 3 :
cyclo-ergomètre

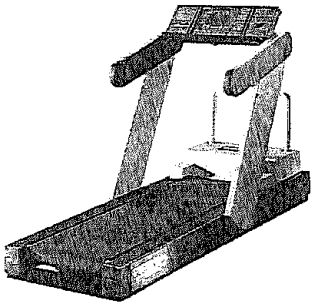


Figure 4 :
tapis-roulant

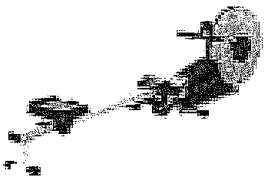


Figure 5 :
cyclo-rameur

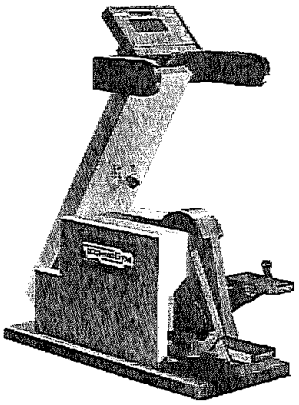


Figure 6 :
stepper

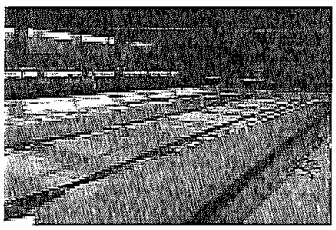


Figure 7 :
natation

Figure 8 :
ski de fond

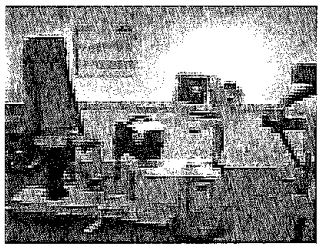


Figure 9 :
matériel d'isocinétisme

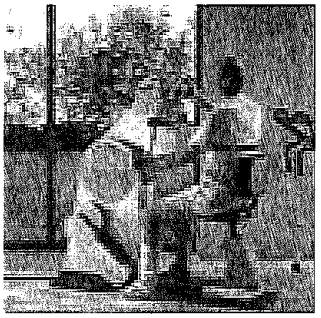


Figure 10 :
manivelles
ergométriques

ANNEXE VIII

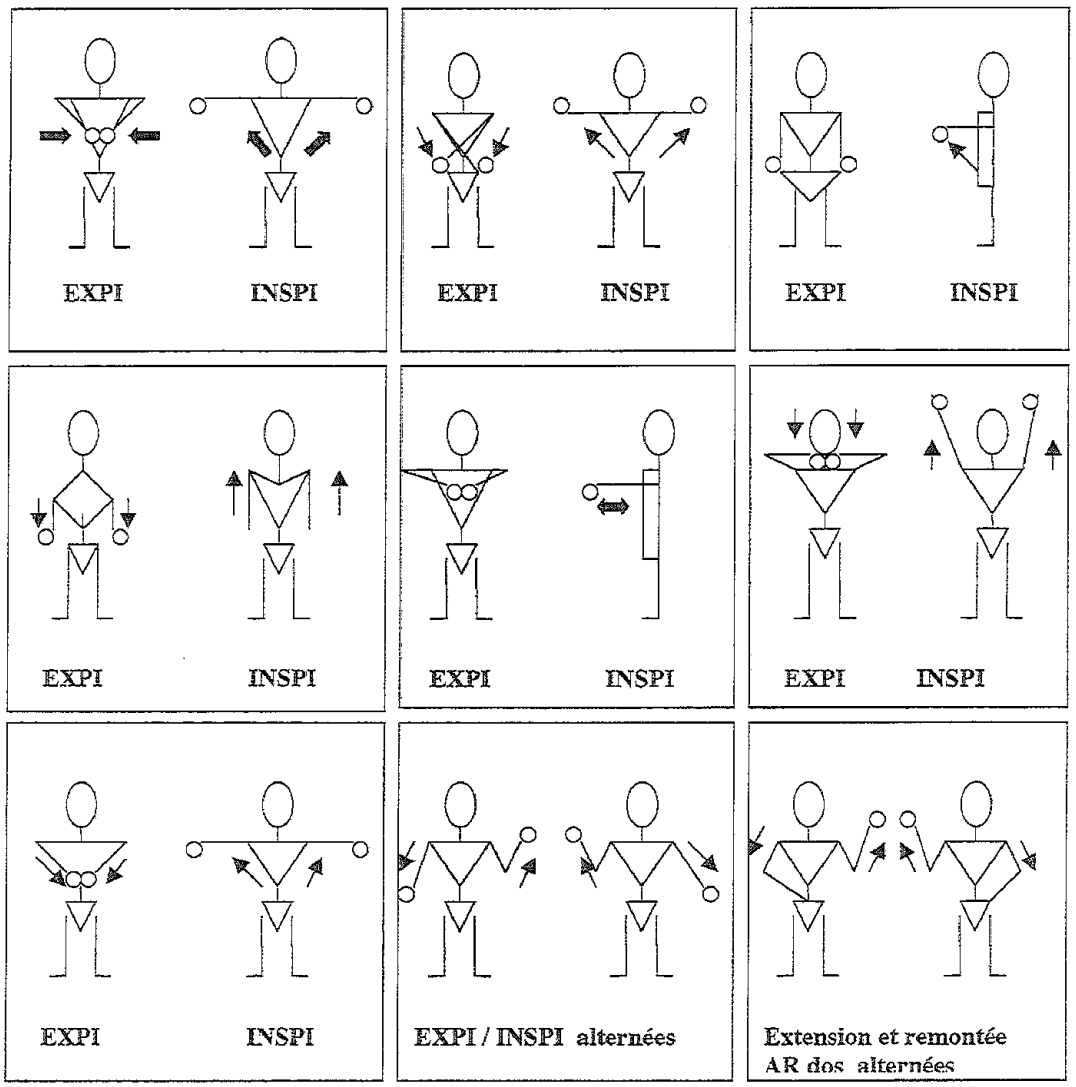
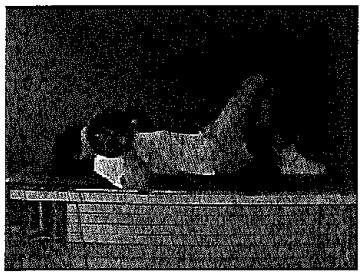


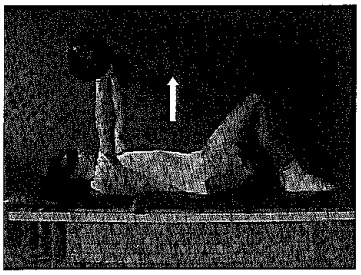
Figure 11 : Exemples de renforcement musculaire des membres supérieurs
Répéter 6 fois l'exercice

ANNEXE IX

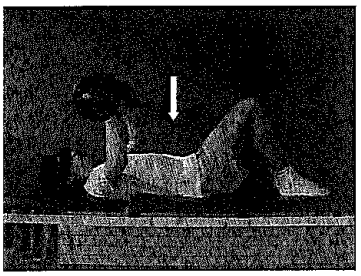
A.Travail des membres supérieurs sur presse en décubitus :



Position : sujet allongé sur le dos les épaules placées sous la barre.



Inspirer puis expirer en poussant la barre vers le haut jusqu'à extension complète des coudes



Inspirer de nouveau puis expirer en revenant à la position de départ.

L'exercice est répété dix fois à un rythme régulier. Le sujet reste ensuite au repos jusqu'à ce que le score de Borg soit inférieur à trois. La charge augmente par paliers de 2 kg jusqu'à 22 kg, puis de 1 kg au-delà.

B.Travail des mollets :

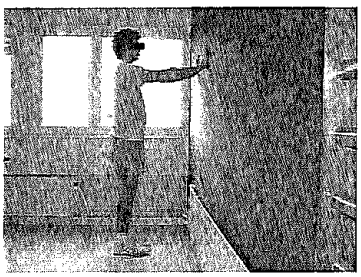
Position : sujet debout les genoux serrés en extension, les pieds à plat, la barre de l'haltère reposant sur les épaules.

Inspirer puis expirer en montant sur la pointe des pieds le plus haut possible.

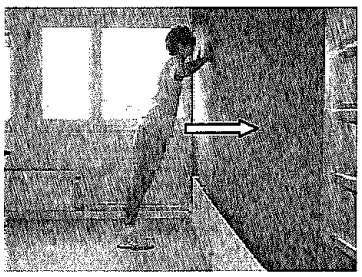
Inspirer de nouveau puis expirer en revenant à la position de départ.

Même nombre de répétitions et charges que l'exercice précédent.

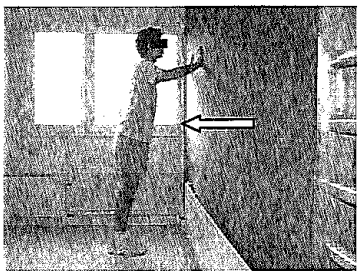
C. Pompes contre le mur :



Position : debout les mains contre le mur avec les coudes tendus.



Inspirer par le nez et souffler par la bouche en pliant les coudes au maximum.

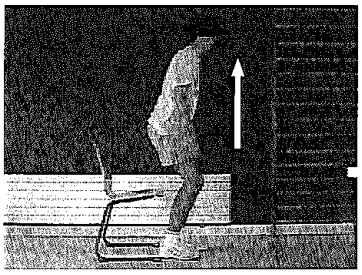


Inspirer de nouveau et expirer en tendant progressivement les coudes.

L'exercice est répété 5 fois. Effectuer trois séries entrecoupées de courtes phases de récupération.

D. Alternance assis-debout :

Position : sujet assis.

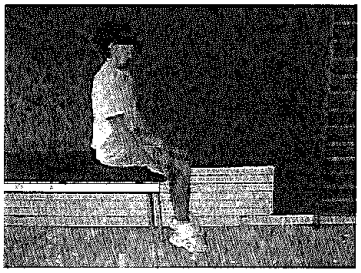


Inspirer par le nez puis se lever en soufflant par la bouche.

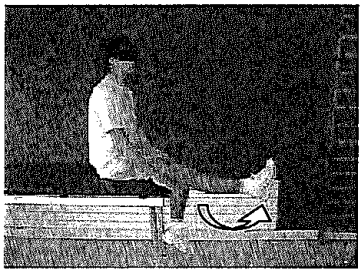
Inspirer puis se rassoire en soufflant de la même façon.

Répéter 5 fois l'exercice à un rythme régulier. Effectuer 3 séries entrecoupées de courtes phases de récupération.

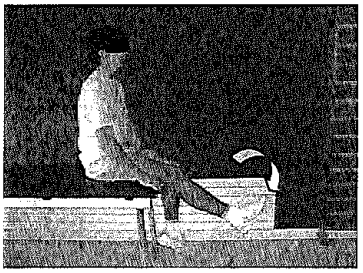
E. Travail des quadriceps :



Position : sujet assis sur une chaise ou au bord du lit, les genoux pliés.



Inspirer puis tendre le genou droit en soufflant par la bouche. Inspirer de nouveau et maintenir la position 4 s.



Revenir à la position de départ en expirant.

Cf. exercice précédent. Répéter l'exercice du côté gauche.

F. Montée des escaliers :

Position : sujet debout face à la marche.

Monter deux marches en soufflant par la bouche.

Puis inspirer par le nez les deux pieds sur la même marche.

Et enfin redescendre en expirant par la bouche.

Réaliser 5 allers-retours. Effectuer 3 séries entrecoupées de courtes phases de récupération.
Parfois la montée d'un escabeau est plus appropriée pour les patients (surtout oxygéno-dépendants).