

THESE

PRESENTEE DEVANT
L'UNIVERSITE PAUL SABATIER TOULOUSE III
en vue de l'obtention du
DOCTORAT DE L'UNIVERSITE PAUL SABATIER
(Nouveau Régime)

Spécialité : Génie Biologique et Médical

par

Mohammed BENABDELLAH



ETUDE ET REALISATION D'UN APPAREILLAGE POUR LE DEPISTAGE DE LA FATIGUE DES MUSCLES RESPIRATOIRES : APPLICATION AU SEVRAGE DE LA VENTILATION ARTIFICIELLE



Soutenue le 9 juillet 1987 devant la commission d'examen :

Président : Mr L. LARENG, Professeur U.P.S.
Examineurs : Mr M. GARRIGUES, Professeur U.P.S.
Mr P. JOSSERAND, Professeur U.P.S.
Mme M.F. JORDA, Maître Conférence U.P.S.
Mr F. LIOUSSE, Ingénieur de Recherche ONERA-CERT
Mr B. RENUN, Chargé de Cours U.P.S.

Recherche effectuée au Laboratoire d'Etude et de Recherches
en Anesthésie-Réanimation - Hôpital Purpan Toulouse

PLAN

<u>INTRODUCTION</u>	1
<u>CHAPITRE I</u> : LES MUSCLES RESPIRATOIRES.....	3
I.1 Anatomie fonctionnelle des muscles respiratoires.....	3
I.11 Les muscles de l'inspiration.....	3
I.111 Le diaphragme.....	3
I.112 Les muscles intercostaux externes....	7
I.113 Les muscles inspiratoires accessoires.....	8
I.12 Les muscles de l'expiration.....	8
I.121 Les muscles abdominaux.....	8
I.122 Les muscles intercostaux internes....	9
I.2 Les pressions générées par les muscles respiratoires.....	9
I.3 Formulation mathématique de l'anatomie fonctionnelle des muscles respiratoires au moyen d'une modélisation du système thoraco-abdominal.....	11
I.31 Modèle élémentaire à compartiment unique.....	12
I.32 Modèle à deux compartiments.....	13
I.33 Modèle à deux compartiments avec insertion du diaphragme sur la partie inférieure du gril costal.....	15

<u>CHAPITRE II</u> : LA FATIGUE MUSCULAIRE RESPIRATOIRE.....	19
II.1 Aspects physiopathologiques.....	19
II.11 Définition de la fatigue des muscles respiratoires.....	19
II.12 Facteurs prédisposant à la fatigue des muscles respiratoires.....	19
II.2 Cas particulier des malades en voie de sevrage de la ventilation artificielle.....	21
II.3 Méthodes de dépistage de la fatigue musculaire respiratoire.....	23
II.31 Méthode dynamique.....	23
II.311 Au moyen de la pression transdiaphragmatique.....	23
II.312 Au moyen de la pression buccale....	27
II.313 Au moyen des capacités ventilatoires maximales soutenues.....	28
II.314 Au moyen du travail respiratoire.....	29
II.315 Au moyen du rapport T_I / T_{tot}	32
II.316 Au moyen de la stimulation phrénique.....	33
II.32 Méthode cinématique.....	34

II.33 Méthode spectro-temporelle.....	35
---------------------------------------	----

CHAPITRE III : MISE EN OEUVRE

DE LA METHODE CINEMATIQUE ET DE LA METHODE SPECTRALE : CHOIX DE LA METHODE D'EXPLORATION DE LA FATIGUE MUSCULAIRE RESPIRATOIRE AU COURS DU SEVRAGE DE LA VENTILATION ARTIFICIELLE.....	43
--	----

III.1 Mise en oeuvre de la méthode cinématique.....	43
---	----

III.11 Principe de fonctionnement.....	43
--	----

III.12 Mise en place de la manipulation.....	44
--	----

III.2 Mise en oeuvre de la méthode spectrale.....	46
---	----

III.21 Généralités sur les fibres musculaires, unité motrice.....	46
--	----

III.211 Activité électrique des fibres musculaires.....	46
--	----

III.212 Unité motrice, influx nerveux.....	46
--	----

III.213 Potentiel de repos, potentiel d'action.....	47
--	----

III.22 Enregistrement du signal électro- myographique.....	47
---	----

III.221 Appareil utilisé.....	48
-------------------------------	----

III.222 Mise en place de la manipulation.....	48
--	----

III.223 Prise du signal.....	49
------------------------------	----

III.224	Tracé du signal électro- myographique.....	50
III.225	Discussion des tracés obtenus.....	51
III.23	Analyse spectrale du signal électromyographique.....	52
III.231	Généralités sur l'analyse spectrale des signaux physiologiques.....	52
III.232	Tracé de spectre.....	53
III.3	Choix de la méthode d'exploration de la fatigue musculaire respiratoire au cours du sevrage de la ventilation artificielle.....	59
 <u>CHAPITRE IV</u> : REALISATION ET MISE AU POINT DU SYSTEME COMPOSE PAR LE CIRCUIT PNEUMATIQUE ET LE CIRCUIT ELECTRIQUE.....		
IV.1	Description de l'appareillage.....	63
IV.11	Le circuit pneumatique.....	63
IV.12	Le circuit électrique.....	65
IV.2	Réalisation du circuit pneumatique.....	67
IV.21	Principe de mesure des débits gazeux ventilatoires.....	67
IV.22	Problème de mesure posé par l'application de la loi de Poiseuille et choix de la tête de Fleisch.....	67

IV.23	Description de la tête de Fleisch utilisée : Mesure de débit.....	70
IV.24	Mesure des dépressions inspiratoires.....	71
IV.3	Réalisation du circuit électrique.....	72
IV.31	Principe de fonctionnement des capteurs de pression différentielle.....	72
IV.32	Interfaçage avec le micro-ordinateur.....	73
IV.321	Le multiplexage.....	75
IV.322	L'amplification.....	75
IV.323	Le convertisseur A/N.....	75
IV.324	Le coupleur d'entrée-sortie (PIA)..	76
IV.325	Programme d'acquisition des données.....	76
IV.33	Etalonnage de l'appareil.....	78
IV.331	Etalonnage du système capteur- conditionneurs.....	78
IV.332	Courbe de réponse expérimentale des diaphragmes.....	84
 <u>CHAPITRE V</u> : MISE EN OEUVRE DU SYSTEME D'EXPLORATION DE LA FATIGUE MUSCULAIRE RESPIRATOIRE AU COURS DU SEVRAGE DE LA VENTILATION ARTIFICIELLE (ASPECT SOFT).....		
		86

V.1 Programme de gestion de l'exploration.....	86
V.11 L'organigramme.....	86
V.12 Quelques commentaires sur le programme.....	89
V.121 Intégration numérique.....	89
V.122 Détection des valeurs de pointe.....	90
V.123 Découpage des différentstemps du cycle respiratoire.....	91
V.2 Protocole d'exploration.....	92
<u>CHAPITRE VI</u> : RESULTATS EXPERIMENTAUX	98
VI.1 Evaluation clinique de l'appareil.....	98
VI.11 Méthodologie	98
VI.12 Résultats globaux (sujets sains).....	100
VI.13 Rôle du sexe et de l'âge.....	109
VI.14 Résultats globaux (malades sevrables)....	117
VI.2 Discussion.....	117
<u>CONCLUSION GENERALE</u>	131

<u>ANNEXE I</u>	134
<u>ANNEXE II</u>	144
<u>ANNEXE III</u>	148
<u>BIBLIOGRAPHIE</u>	156

RESUME

La fatigue musculaire respiratoire est une des causes de défaillance respiratoire nécessitant la mise sous respirateur artificiel. Elle peut aussi, au cours du sevrage, s'installer de façon progressive et sournoise, rendant compte de bon nombre d'échecs.

La détérioration progressive de la fonction ventilatoire n'est décelable que lorsque s'installent des signes cliniques : accélération du rythme respiratoire ou cardiaque, alternance thoraco-abdominale, ou gazométrique : hypoxie, hypercapnie.

Il paraît utile d'éviter au malade cette épreuve grâce à des tests permettant de distinguer précocément chez le sujet en voie de sevrage du respirateur artificiel, celui qui pourra prendre en charge sa fonction ventilatoire et celui qui en est encore incapable.

Puisque la fatigue qui peut apparaître au cours du sevrage correspond à une incapacité du sujet à réaliser le travail respiratoire supplémentaire qui lui est demandé, nous avons pensé que son comportement respiratoire vis à vis de charges inspiratoires croissantes devait différer des sujets normaux, et que ces altérations pouvaient être décelées précocément, évitant ainsi au malade une épreuve de sevrage néfaste.

.../...

Pour mettre en évidence ces altérations et en déduire les critères de fatigabilité ou de sevrage nous avons :

1 - Réalisé un appareil composé :

- . d'un circuit pneumatique comportant 5 résistances inspiratoires, une tête de Fleisch n°2, une valve unidirectionnelle séparant circuit inspiratoire et circuit expiratoire. Ce circuit pneumatique est placé directement sur la sonde endotrachéale, l'espace mort étant réduit au maximum (10ml).

- . d'un circuit électrique comportant capteurs, conditionneurs et interfaçage entre pneumotachographe et microordinateur.

2 - Réalisé une évaluation clinique de l'appareillage par une étude statistique sur 58 sujets sains âgés de 20 à 60 ans. Nous avons ainsi établi les critères de normalités des paramètres.

3 - Nous avons validé cette évaluation par l'exploration de 30 sujets malades en voie de sevrage de la ventilation artificielle. Nous avons pu séparer ces malades en deux groupes : sevrables et non sevrables.