



ROYAUME DU MAROC
UNIVERSITE MOHAMMED V DE RABAT
FACULTE DE MEDECINE
ET DE PHARMACIE
RABAT



Année: 2018

Thèse N°: 359

EVALUATION PAR ECHOGRAPHIE DIAPHRAGMATIQUE
DE LA VENTILATION CHEZ LES MALADES PRESENTANT
UNE PARALYSIE NEUROMUSCULAIRE

THÈSE

Présentée et soutenue publiquement le : 26/10/2018

PAR

Madame Salma SAYARH
Née le 21 Octobre 1993 à Rabat

Pour l'Obtention du Diplôme de
Docteur en Médecine

Mots Clés : Echographie diaphragmatique; Ventilation ; Paralyse neuromusculaire

Membres du Jury :

Monsieur Ahmed Wajdi MAAZOUZI

Professeur d'Anesthésie Réanimation

Monsieur Ahmed EL HIJRI

Professeur d'Anesthésie Réanimation

Madame Meriem FIKRI

Professeur de Radiologie

Monsieur Mourad AMOR

Professeur d'Anesthésie Réanimation

Monsieur Mouhssine DOUMIRI

Professeur Assistant d'Anesthésie Réanimation

Président et Rapporteur

Juge

Juge

Juge

Membre associé

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

"سبحانك لا علم لنا
إلا ما علمتنا
إننا أنت العليم الحكيم"

سورة البقرة: الآية 31

صَدَقَ اللَّهُ الْعَظِيمَ



UNIVERSITE MOHAMMED V

FACULTE DE MEDECINE ET DE PHARMACIE



DOYENS HONORAIRES :

1962 – 1969 : Professeur Abdelmalek FARAJ
1969 – 1974 : Professeur Abdellatif BERBICH
1974 – 1981 : Professeur Bachir LAZRAK
1981 – 1989 : Professeur Taieb CHKILI
1989 – 1997 : Professeur Mohamed Tahar ALAOUI
1997 – 2003 : Professeur Abdelmajid BELMAHI
2003 – 2013 : Professeur Najia HAJJAJ – HASSOUNI

ADMINISTRATION :

Doyen

Professeur Mohamed ADNAOUI

Vice Doyen chargé des Affaires Académiques et étudiantes

Professeur Mohammed AHALLAT

Vice Doyen chargé de la Recherche et de la Coopération

Professeur Taoufiq DAKKA

Vice Doyen chargé des Affaires Spécifiques à la Pharmacie

Professeur Jamal TAOUFIK

Secrétaire Général

Mr. Mohamed KARRA

1- ENSEIGNANTS-CHERCHEURS MEDECINS ET PHARMACIENS

PROFESSEURS :

Décembre 1984

Pr. MAAOUNI Abdelaziz
Pr. MAAZOUZI Ahmed Wajdi
Pr. SETTAF Abdellatif

Médecine Interne – Clinique Royale
Anesthésie -Réanimation
pathologie Chirurgicale

Novembre et Décembre 1985

Pr. BENSAID Younes

Pathologie Chirurgicale

Janvier, Février et Décembre 1987

Pr. LACHKAR Hassan
Pr. YAHYAOUI Mohamed

Médecine Interne
Neurologie

Décembre 1989

Pr. ADNAOUI Mohamed
Pr. OUAZZANI Taïbi Mohamed Réda

Médecine Interne –Doyen de la FMPR
Neurologie

Janvier et Novembre 1990

Pr. HACHIM Mohammed*
Pr. KHARBACH Aïcha
Pr. TAZI Saoud Anas

Médecine-Interne
Gynécologie -Obstétrique
Anesthésie Réanimation

Février Avril Juillet et Décembre 1991

Pr. AZZOUZI Abderrahim
Pr. BAYAHIA Rabéa
Pr. BELKOUCHI Abdelkader
Pr. BENCHEKROUN Belabbes Abdellatif
Pr. BENSOUA Yahia
Pr. BERRAHO Amina
Pr. BEZZAD Rachid
Pr. CHERRAH Yahia
Pr. CHOKAIRI Omar
Pr. KHATTAB Mohamed
Pr. SOULAYMANI Rachida
Pr. TAOUFIK Jamal

Anesthésie Réanimation –Doyen de la FMPO
Néphrologie
Chirurgie Générale
Chirurgie Générale
Pharmacie galénique
Ophtalmologie
Gynécologie Obstétrique Méd Chef Maternité des Orangers
Pharmacologie
Histologie Embryologie
Pédiatrie
Pharmacologie – Dir. du Centre National PV Rabat
Chimie thérapeutique V.D à la pharmacie+Dir du
CEDOC+Directeur du Médicament

Décembre 1992

Pr. AHALLAT Mohamed
Pr. BENSOUA Adil
Pr. CHAHED OUAZZANI Laaziza

Chirurgie Générale Doyen de FMPT
Anesthésie Réanimation
Gastro-Entérologie

Pr. CHRAIBI Chafiq
Pr. EL OUAHABI Abdessamad
Pr. FELLAT Rokaya
Pr. GHAFIR Driss*
Pr. JIDDANE Mohamed
Pr. TAGHY Ahmed
Pr. ZOUHDI Mimoun

Gynécologie Obstétrique
Neurochirurgie
Cardiologie
Médecine Interne
Anatomie
Chirurgie Générale
Microbiologie

Mars 1994

Pr. BENJAAFAR Nouredine
Pr. BEN RAIS Nozha
Pr. CAOUI Malika
Pr. CHRAIBI Abdelmjid

Doyen de la FMPA

Pr. EL AMRANI Sabah
Pr. EL BARDOUNI Ahmed
Pr. EL HASSANI My Rachid
Pr. ERROUGANI Abdelkader
Pr. ESSAKALI Malika
Pr. ETTAYEBI Fouad
Pr. HASSAM Badredine
Pr. IFRINE Lahssan
Pr. MAHFOUD Mustapha
Pr. RHRAB Brahim
Pr. SENOUCI Karima

Radiothérapie
Biophysique
Biophysique
Endocrinologie et Maladies Métaboliques

Gynécologie Obstétrique
Traumato-Orthopédie
Radiologie
Chirurgie Générale- **Directeur CHIS -Rabat**
Immunologie
Chirurgie Pédiatrique
Dermatologie
Chirurgie Générale
Traumatologie – Orthopédie
Gynécologie –Obstétrique
Dermatologie

Mars 1994

Pr. ABBAR Mohamed*
Pr. ABDELHAK M'barek
Pr. BENTAHILA Abdelali
Pr. BENYAHIA Mohammed Ali
Pr. BERRADA Mohamed Saleh
Pr. CHERKAOUI Lalla Ouafae
Pr. LAKHDAR Amina
Pr. MOUANE Nezha

Urologie **Directeur Hôpital My Ismail Meknès**
Chirurgie – Pédiatrique
Pédiatrie
Gynécologie – Obstétrique
Traumatologie – Orthopédie
Ophtalmologie
Gynécologie Obstétrique
Pédiatrie

Mars 1995

Pr. ABOUQUAL Redouane
Pr. AMRAOUI Mohamed
Pr. BAIDADA Abdelaziz

Réanimation Médicale
Chirurgie Générale
Gynécologie Obstétrique

Pr. BARGACH Samir
Pr. DRISSI KAMILI Med Nordine*
Pr. EL MESNAOUI Abbes
Pr. ESSAKALI HOUSSYNI Leila
Pr. HDA Abdelhamid*
Pr. IBEN ATTYA ANDALOUSSI Ahmed
Pr. OUAZZANI CHAHDI Bahia
Pr. SEFIANI Abdelaziz
Pr. ZEGGWAGH Amine Ali

Gynécologie Obstétrique
Anesthésie Réanimation
Chirurgie Générale
Oto-Rhino-Laryngologie
Cardiologie - **Directeur du Service de Santé des FAR**
Urologie
Ophtalmologie
Génétique
Réanimation Médicale

Décembre 1996

Pr. AMIL Touriya*
Pr. BELKACEM Rachid
Pr. BOULANOUAR Abdelkrim
Pr. EL ALAMI EL FARICHA EL Hassan
Pr. GAOUZI Ahmed
Pr. MAHFOUDI M'barek*
Pr. OUZEDDOUN Naima
Pr. ZBIR EL Mehdi*

Radiologie
Chirurgie Pédiatrie
Ophtalmologie
Chirurgie Générale
Pédiatrie
Radiologie
Néphrologie
Cardiologie **Directeur Hôp. Mil.d'Instruction Med V Rabat**

Novembre 1997

Pr. ALAMI Mohamed Hassan
Pr. BEN SLIMANE Lounis
Pr. BIROUK Nazha
Pr. ERREIMI Naima
Pr. FELLAT Nadia
Pr. KADDOURI Noureddine
Pr. KOUTANI Abdellatif
Pr. LAHLOU Mohamed Khalid
Pr. MAHRAOUI CHAFIQ
Pr. TAOUFIQ Jallal
Pr. YOUSFI MALKI Mounia

Gynécologie-Obstétrique
Urologie
Neurologie
Pédiatrie
Cardiologie
Chirurgie Pédiatrique
Urologie
Chirurgie Générale
Pédiatrie
Psychiatrie **Directeur Hôp. Arrazi Salé**
Gynécologie Obstétrique

Novembre 1998

Pr. BENOMAR ALI
Pr. BOUGTAB Abdesslam
Pr. ER RIHANI Hassan
Pr. BENKIRANE Majid*

Neurologie – **Doyen de la FMP Abulcassis**
Chirurgie Générale
Oncologie Médicale
Hématologie

Janvier 2000

Pr. ABID Ahmed*	Pneumophtisiologie
Pr. AIT OUMAR Hassan	Pédiatrie
Pr. BENJELLOUN Dakhama Badr.Sououd	Pédiatrie
Pr. BOURKADI Jamal-Eddine	Pneumo-phtisiologie <u>Directeur Hôp. My Youssef</u>
Pr. CHARIF CHEFCHAOUNI Al Montacer	Chirurgie Générale
Pr. ECHARRAB El Mahjoub	Chirurgie Générale
Pr. EL FTOUH Mustapha	Pneumo-phtisiologie
Pr. EL MOSTARCHID Brahim*	Neurochirurgie
Pr. MAHMOUDI Abdelkrim*	Anesthésie-Réanimation
Pr. TACHINANTE Rajae	Anesthésie-Réanimation
Pr. TAZI MEZALEK Zoubida	Médecine Interne

Novembre 2000

Pr. AIDI Saadia	Neurologie
Pr. AJANA Fatima Zohra	Gastro-Entérologie
Pr. BENAMR Said	Chirurgie Générale
Pr. CHERTI Mohammed	Cardiologie
Pr. ECH-CHERIF EL KETTANI Selma	Anesthésie-Réanimation
Pr. EL HASSANI Amine	Pédiatrie <u>Directeur Hôp. Chekikh Zaied</u>
Pr. EL KHADER Khalid	Urologie
Pr. EL MAGHRAOUI Abdellah*	Rhumatologie
Pr. GHARBI Mohamed El Hassan	Endocrinologie et Maladies Métaboliques
Pr. MDAGHRI ALAOUI Asmae	Pédiatrie
Pr. ROUIMI Abdelhadi*	Neurologie

Décembre 2000

Pr. ZOHAIR ABDELAH*	ORL
---------------------	-----

Décembre 2001

Pr. BALKHI Hicham*	Anesthésie-Réanimation
Pr. BENABDELJLIL Maria	Neurologie
Pr. BENAMAR Loubna	Néphrologie
Pr. BENAMOR Jouda	Pneumo-phtisiologie
Pr. BENELBARHDADI Imane	Gastro-Entérologie
Pr. BENNANI Rajae	Cardiologie
Pr. BENOUACHANE Thami	Pédiatrie
Pr. BEZZA Ahmed*	Rhumatologie
Pr. BOUCHIKHI IDRISSE Med Larbi	Anatomie
Pr. BOUMDIN El Hassane*	Radiologie
Pr. CHAT Latifa	Radiologie
Pr. DAALI Mustapha*	Chirurgie Générale
Pr. DRISSI Sidi Mourad*	Radiologie

Pr. EL HIJRI Ahmed	Anesthésie-Réanimation
Pr. EL MAAQILI Moulay Rachid	Neuro-Chirurgie
Pr. EL MADHI Tarik	Chirurgie-Pédiatrique
Pr. EL OUNANI Mohamed	Chirurgie Générale
Pr. ETTAIR Said	Pédiatrie <u>Directeur. Hôp.d'Enfants Rabat</u>
Pr. GAZZAZ Miloudi*	Neuro-Chirurgie
Pr. HRORA Abdelmalek	Chirurgie Générale
Pr. KABBAJ Saad	Anesthésie-Réanimation
Pr. KABIRI EL Hassane*	Chirurgie Thoracique
Pr. LAMRANI Moulay Omar	Traumatologie Orthopédie
Pr. LEKEHAL Brahim	Chirurgie Vasculaire Périphérique
Pr. MAHASSIN Fattouma*	Médecine Interne
Pr. MEDARHRI Jalil	Chirurgie Générale
Pr. MIKDAME Mohammed*	Hématologie Clinique
Pr. MOHSINE Raouf	Chirurgie Générale
Pr. NOUINI Yassine	Urologie <u>Directeur Hôpital Ibn Sina</u>
Pr. SABBAH Farid	Chirurgie Générale
Pr. SEFIANI Yasser	Chirurgie Vasculaire Périphérique
Pr. TAOUFIQ BENCHEKROUN Soumia	Pédiatrie

Décembre 2002

Pr. AL BOUZIDI Abderrahmane*	Anatomie Pathologique
Pr. AMEUR Ahmed *	Urologie
Pr. AMRI Rachida	Cardiologie
Pr. AOURARH Aziz*	Gastro-Entérologie
Pr. BAMOU Youssef *	Biochimie-Chimie
Pr. BELMEJDOUB Ghizlene*	Endocrinologie et Maladies Métaboliques
Pr. BENZEKRI Laila	Dermatologie
Pr. BENZZOUBEIR Nadia	Gastro-Entérologie
Pr. BERNOUSSI Zakiya	Anatomie Pathologique
Pr. BICHTA Mohamed Zakariya*	Psychiatrie
Pr. CHOHO Abdelkrim *	Chirurgie Générale
Pr. CHKIRATE Bouchra	Pédiatrie
Pr. EL ALAMI EL FELLOUS Sidi Zouhair	Chirurgie Pédiatrique
Pr. EL HAOURI Mohamed *	Dermatologie
Pr. FILALI ADIB Abdelhai	Gynécologie Obstétrique
Pr. HAJJI Zakia	Ophtalmologie
Pr. IKEN Ali	Urologie
Pr. JAAFAR Abdeloihab*	Traumatologie Orthopédie
Pr. KRIOUILE Yamina	Pédiatrie
Pr. MABROUK Hfid*	Traumatologie Orthopédie
Pr. MOUSSAOUI RAHALI Driss*	Gynécologie Obstétrique
Pr. OUJILAL Abdelilah	Oto-Rhino-Laryngologie
Pr. RACHID Khalid *	Traumatologie Orthopédie

Pr. RAISS Mohamed
Pr. RGUIBI IDRISSE Sidi Mustapha*
Pr. RHOU Hakima
Pr. SIAH Samir *
Pr. THIMOU Amal
Pr. ZENTAR Aziz*

Chirurgie Générale
Pneumophtisiologie
Néphrologie
Anesthésie Réanimation
Pédiatrie
Chirurgie Générale

Janvier 2004

Pr. ABDELLAH El Hassan
Pr. AMRANI Mariam
Pr. BENBOUZID Mohammed Anas
Pr. BENKIRANE Ahmed*
Pr. BOUGHALEM Mohamed*
Pr. BOULAADAS Malik
Pr. BOURAZZA Ahmed*
Pr. CHAGAR Belkacem*
Pr. CHERRADI Nadia
Pr. EL FENNI Jamal*
Pr. EL HANCHI ZAKI
Pr. EL KHORASSANI Mohamed
Pr. EL YOUNASSI Badreddine*
Pr. HACHI Hafid
Pr. JABOUIRIK Fatima
Pr. KHARMAZ Mohamed
Pr. MOUGHIL Said
Pr. OUBAAZ Abdelbarre*
Pr. TARIB Abdelilah*
Pr. TIJAMI Fouad
Pr. ZARZUR Jamila

Ophtalmologie
Anatomie Pathologique
Oto-Rhino-Laryngologie
Gastro-Entérologie
Anesthésie Réanimation
Stomatologie et Chirurgie Maxillo-faciale
Neurologie
Traumatologie Orthopédie
Anatomie Pathologique
Radiologie
Gynécologie Obstétrique
Pédiatrie
Cardiologie
Chirurgie Générale
Pédiatrie
Traumatologie Orthopédie
Chirurgie Cardio-Vasculaire
Ophtalmologie
Pharmacie Clinique
Chirurgie Générale
Cardiologie

Janvier 2005

Pr. ABBASSI Abdellah
Pr. AL KANDRY Sif Eddine*
Pr. ALLALI Fadoua
Pr. AMAZOUZI Abdellah
Pr. AZIZ Nouredine*
Pr. BAHIRI Rachid
Pr. BARKAT Amina
Pr. BENYASS Aatif
Pr. DOUDOUH Abderrahim*
Pr. EL HAMZAOUI Sakina*
Pr. HAJJI Leila
Pr. HESSISSEN Leila
Pr. JIDAL Mohamed*
Pr. LAAROUSSI Mohamed

Chirurgie Réparatrice et Plastique
Chirurgie Générale
Rhumatologie
Ophtalmologie
Radiologie
Rhumatologie **Directeur. Hôp. Al Ayachi Salé**
Pédiatrie
Cardiologie
Biophysique
Microbiologie
Cardiologie (mise en disponibilité)
Pédiatrie
Radiologie
Chirurgie Cardio-vasculaire

Pr. LYAGOUBI Mohammed
Pr. RAGALA Abdelhak
Pr. SBIHI Souad
Pr. ZERAIDI Najia

Parasitologie
Gynécologie Obstétrique
Histo-Embryologie Cytogénétique
Gynécologie Obstétrique

Avril 2006

Pr. ACHEMLAL Lahsen*
Pr. AKJOUJ Said*
Pr. BELMEKKI Abdelkader*
Pr. BENCHEIKH Razika
Pr. BIYI Abdelhamid*
Pr. BOUHAFS Mohamed El Amine
Pr. BOULAHYA Abdellatif*
Pr. CHENGUETI ANSARI Anas
Pr. DOGHMI Nawal
Pr. FELLAT Ibtissam
Pr. FAROUDY Mamoun
Pr. HARMOUCHE Hicham
Pr. HANAFI Sidi Mohamed*
Pr. IDRIS LAHLOU Amine*
Pr. JROUNDI Laila
Pr. KARMOUNI Tariq
Pr. KILI Amina
Pr. KISRA Hassan
Pr. KISRA Mounir
Pr. LAATIRIS Abdelkader*
Pr. LMIMOUNI Badreddine*
Pr. MANSOURI Hamid*
Pr. OUANASS Abderrazzak
Pr. SAFI Soumaya*
Pr. SEKKAT Fatima Zahra
Pr. SOUALHI Mouna
Pr. TELLAL Saida*
Pr. ZAHRAOUI Rachida

Rhumatologie
Radiologie
Hématologie
O.R.L
Biophysique
Chirurgie - Pédiatrique
Chirurgie Cardio – Vasculaire
Gynécologie Obstétrique
Cardiologie
Cardiologie
Anesthésie Réanimation
Médecine Interne
Anesthésie Réanimation
Microbiologie
Radiologie
Urologie
Pédiatrie
Psychiatrie
Chirurgie – Pédiatrique
Pharmacie Galénique
Parasitologie
Radiothérapie
Psychiatrie
Endocrinologie
Psychiatrie
Pneumo – Phtisiologie
Biochimie
Pneumo – Phtisiologie

Decembre 2006

Pr SAIR Khalid

Chirurgie générale **Dir. Hôp.Av.Marrakech**

Octobre 2007

Pr. ABIDI Khalid
Pr. ACHACHI Leila
Pr. ACHOUR Abdessamad*
Pr. AIT HOUSSA Mahdi*
Pr. AMHAJJI Larbi*

Réanimation médicale
Pneumo phtisiologie
Chirurgie générale
Chirurgie cardio vasculaire
Traumatologie orthopédie

Pr. AOUI Sarra
Pr. BAITE Abdelouahed*
Pr. BALOUCH Lhousaine*
Pr. BENZIANE Hamid*
Pr. BOUTIMZINE Nourdine
Pr. CHARKAOUI Naoual*
Pr. EHIRCHIOU Abdelkader*
Pr. EL BEKKALI Youssef *
Pr. ELABSI Mohamed
Pr. EL MOUSSAOUI Rachid
Pr. EL OMARI Fatima
Pr. GHARIB Noureddine
Pr. HADADI Khalid*
Pr. ICHOU Mohamed*
Pr. ISMAILI Nadia
Pr. KEBDANI Tayeb
Pr. LALAOUI SALIM Jaafar*
Pr. LOUZI Lhoussain*
Pr. MADANI Naoufel
Pr. MAHI Mohamed*
Pr. MARC Karima
Pr. MASRAR Azlarab
Pr. MRANI Saad*
Pr. OUZZIF Ez zohra*
Pr. RABHI Monsef*
Pr. RADOUANE Bouchaib*
Pr. SEFFAR Myriame
Pr. SEKHSOKH Yessine*
Pr. SIFAT Hassan*
Pr. TABERKANET Mustafa*
Pr. TACHFOUTI Samira
Pr. TAJDINE Mohammed Tariq*
Pr. TANANE Mansour*
Pr. TLIGUI Houssain
Pr. TOUATI Zakia

Parasitologie
Anesthésie réanimation Directeur ERSSM
Biochimie-chimie
Pharmacie clinique
Ophtalmologie
Pharmacie galénique
Chirurgie générale
Chirurgie cardio-vasculaire
Chirurgie générale
Anesthésie réanimation
Psychiatrie
Chirurgie plastique et réparatrice
Radiothérapie
Oncologie médicale
Dermatologie
Radiothérapie
Anesthésie réanimation
Microbiologie
Réanimation médicale
Radiologie
Pneumo ptisiologie
Hématologie biologique
Virologie
Biochimie-chimie
Médecine interne
Radiologie
Microbiologie
Microbiologie
Radiothérapie
Chirurgie vasculaire périphérique
Ophtalmologie
Chirurgie générale
Traumatologie orthopédie
Parasitologie
Cardiologie

Décembre 2008

Pr TAHIRI My El Hassan*

Chirurgie Générale

Mars 2009

Pr. ABOUZAHIR Ali*	Médecine interne
Pr. AGDR Aomar*	Pédiatre
Pr. AIT ALI Abdelmounaim*	Chirurgie Générale
Pr. AIT BENHADDOU El hachmia	Neurologie
Pr. AKHADDAR Ali*	Neuro-chirurgie
Pr. ALLALI Nazik	Radiologie
Pr. AMINE Bouchra	Rhumatologie
Pr. ARKHA Yassir	Neuro-chirurgie <u>Directeur Hôp.des Spécialités</u>
Pr. BELYAMANI Lahcen*	Anesthésie Réanimation
Pr. BJIJOU Younes	Anatomie
Pr. BOUHSAIN Sanae*	Biochimie-chimie
Pr. BOUI Mohammed*	Dermatologie
Pr. BOUNAIM Ahmed*	Chirurgie Générale
Pr. BOUSSOUGA Mostapha*	Traumatologie orthopédique
Pr. CHTATA Hassan Toufik*	Chirurgie vasculaire périphérique
Pr. DOGHMI Kamal*	Hématologie clinique
Pr. EL MALKI Hadj Omar	Chirurgie Générale
Pr. EL OUENNASS Mostapha*	Microbiologie
Pr. ENNIBI Khalid*	Médecine interne
Pr. FATHI Khalid	Gynécologie obstétrique
Pr. HASSIKOU Hasna *	Rhumatologie
Pr. KABBAJ Nawal	Gastro-entérologie
Pr. KABIRI Meryem	Pédiatrie
Pr. KARBOUBI Lamya	Pédiatrie
Pr. LAMSAOURI Jamal*	Chimie Thérapeutique
Pr. MARMADE Lahcen	Chirurgie Cardio-vasculaire
Pr. MESKINI Toufik	Pédiatrie
Pr. MESSAOUDI Nezha *	Hématologie biologique
Pr. MSSROURI Rahal	Chirurgie Générale
Pr. NASSAR Ittimade	Radiologie
Pr. OUKERRAJ Latifa	Cardiologie
Pr. RHORFI Ismail Abderrahmani *	Pneumo-phthisiologie

Octobre 2010

Pr. ALILOU Mustapha	Anesthésie réanimation
Pr. AMEZIANE Taoufiq*	Médecine interne
Pr. BELAGUID Abdelaziz	Physiologie
Pr. CHADLI Mariama*	Microbiologie
Pr. CHEMSI Mohamed*	Médecine aéronautique
Pr. DAMI Abdellah*	Biochimie chimie
Pr. DARBI Abdellatif*	Radiologie
Pr. DENDANE Mohammed Anouar	Chirurgie pédiatrique
Pr. EL HAFIDI Naima	Pédiatrie
Pr. EL KHARRAS Abdennasser*	Radiologie
Pr. EL MAZOUZ Samir	Chirurgie plastique et réparatrice
Pr. EL SAYEGH Hachem	Urologie
Pr. ERRABIH Ikram	Gastro entérologie
Pr. LAMALMI Najat	Anatomie pathologique
Pr. MOSADIK Ahlam	Anesthésie Réanimation
Pr. MOUJAHID Mountassir*	Chirurgie générale
Pr. NAZIH Mouna*	Hématologie biologique
Pr. ZOUAIDIA Fouad	Anatomie pathologique

Decembre 2010

Pr.ZNATI Kaoutar	Anatomie Pathologique
------------------	-----------------------

Mai 2012

Pr. AMRANI Abdelouahed	Chirurgie Pédiatrique
Pr. ABOUELALAA Khalil*	Anesthésie Réanimation
Pr. BENCHEBBA Driss*	Traumatologie Orthopédique
Pr. DRISSI Mohamed*	Anesthésie Réanimation
Pr. EL ALAOUI MHAMDI Mouna	Chirurgie Générale
Pr. EL KHATTABI Abdessadek*	Médecine Interne
Pr. EL OUZZANI Hanane*	Pneumophtisiologie
Pr. ER-RAJI Mounir	Chirurgie Pédiatrique
Pr. JAHID Ahmed	Anatomie pathologique
Pr. MEHSSANI Jamal*	Psychiatrie
Pr. RAISSOUNI Maha*	Cardiologie

**Enseignants Militaires*

Février 2013

Pr. AHID Samir	Pharmacologie – Chimie
Pr. AIT EL CADI Mina	Toxicologie
Pr. AMRANI HANCI Laila	Gastro-Entérologie
Pr. AMOUR Mourad	Anesthésie Réanimation
Pr. AWAB Almaḥdi	Anesthésie Réanimation
Pr. BELAYACHI Jihane	Réanimation Médicale
Pr. BELKHADIR Zakaria Houssain	Anesthésie Réanimation
Pr. BENCHEKROUN Laila	Biochimie-Chimie
Pr. BENKIRANE Souad	Hématologie biologique
Pr. BENNANA Ahmed*	Informatique Pharmaceutique
Pr. BENSGHIR Mustapha*	Anesthésie Réanimation
Pr. BENYAHIA Mohammed*	Néphrologie
Pr. BOUATIA Mustapha	Chimie Analytique et Bromatologie
Pr. BOUABID Ahmed Salim*	Traumatologie Orthopédie
Pr. BOUTARBOUCH Mahjouba	Anatomie
Pr. CHAIB Ali*	Cardiologie
Pr. DENDANE Tarek	Réanimation Médicale
Pr. DINI Nouzha*	Pédiatrie
Pr. ECH-CHERIF EL KETTANI Mohamed Ali	Anesthésie Réanimation
Pr. ECH-CHERIF EL KETTANI Najwa	Radiologie
Pr. ELFATEMI Nizare	Neuro-Chirurgie
Pr. EL GUERROUJ Hasnae	Médecine Nucléaire
Pr. EL HARTI Jaouad	Chimie Thérapeutique
Pr. EL JOUDI Rachid*	Toxicologie
Pr. EL KABABRI Maria	Pédiatrie
Pr. EL KHANNOUSSI Basma	Anatomie Pathologie
Pr. EL KHLOUFI Samir	Anatomie
Pr. EL KORAICHI Alae	Anesthésie Réanimation
Pr. EN-NOUALI Hassane*	Radiologie
Pr. ERRGUIG Laila	Physiologie
Pr. FIKRI Meryim	Radiologie
Pr. GHFIR Imade	Médecine Nucléaire
Pr. IMANE Zineb	Pédiatrie
Pr. IRAQI Hind	Endocrinologie et maladies métaboliques
Pr. KABBAJ Hakima	Microbiologie
Pr. KADIRI Mohamed*	Psychiatrie
Pr. LATIB Rachida	Radiologie
Pr. MAAMAR Mouna Fatima Zahra	Médecine Interne
Pr. MEDDAH Bouchra	Pharmacologie
Pr. MELHAOUI Adyl	Neuro-chirurgie
Pr. MRABTI Hind	Oncologie Médicale
Pr. NEJJARI Rachid	Pharmacognosie
Pr. OUBEJJA Houda	Chirurgie Pédiatrique

Pr. OUKABLI Mohamed*
Pr. RAHALI Younes
Pr. RATBI Ilham
Pr. RAHMANI Mounia
Pr. REDA Karim*
Pr. REGRAGUI Wafa
Pr. RKAIN Hanan
Pr. ROSTOM Samira
Pr. ROUAS Lamiaa
Pr. ROUIBAA Fedoua*
Pr. SALIHOUN Mouna
Pr. SAYAH Rochde
Pr. SEDDIK Hassan*
Pr. ZERHOUNI Hicham
Pr. ZINE Ali*

Anatomie Pathologique
Pharmacie Galénique
Génétique
Neurologie
Ophtalmologie
Neurologie
Physiologie
Rhumatologie
Anatomie Pathologique
Gastro-Entérologie
Gastro-Entérologie
Chirurgie Cardio-Vasculaire
Gastro-Entérologie
Chirurgie Pédiatrique
Traumatologie Orthopédie

Avril 2013

Pr. EL KHATIB Mohamed Karim*

Stomatologie et Chirurgie Maxillo-faciale

MAI 2013

Pr. BOUSLIMAN Yassir

Toxicologie

MARS 2014

Pr. ACHIR Abdellah
Pr. BENCHAKROUN Mohammed *
Pr. BOUCHIKH Mohammed
Pr. EL KABBAJ Driss *
Pr. EL MACHTANI IDRISSE Samira *
Pr. HARDIZI Houyam
Pr. HASSANI Amale *
Pr. HERRAK Laila
Pr. JANANE Abdellah *
Pr. JEAIDI Anass *
Pr. KOUACH Jaouad*
Pr. LEMNOUER Abdelhay*
Pr. MAKRAM Sanaa *
Pr. OULAHYANE Rachid*
Pr. RHISSASSI Mohamed Jaafar
Pr. SABRY Mohamed*
Pr. SEKKACH Youssef*
Pr. TAZI MOUKHA Zakia

Chirurgie Thoracique
Traumatologie- Orthopédie
Chirurgie Thoracique
Néphrologie
Biochimie-Chimie
Histologie- Embryologie-Cytogénétique
Pédiatrie
Pneumologie
Urologie
Hématologie Biologique
Gynécologie-Obstétrique
Microbiologie
Pharmacologie
Chirurgie Pédiatrique
CCV
Cardiologie
Médecine Interne
Généologie-Obstétrique

AVRIL 2014

Pr.ZALAGH Mohammed

ORL

PROFESSEURS AGREGES :

DECEMBRE 2014

Pr. ABILKASSEM Rachid*
Pr. AIT BOUGHIMA Fadila
Pr. BEKKALI Hicham *
Pr. BENZAZZOU Salma
Pr. BOUABDELLAH Mounya
Pr. BOUCHRIK Mourad*
Pr. DERRAJI Soufiane*
Pr. DOBLALI Taoufik*
Pr. EL AYOUBI EL IDRISSE Ali
Pr. EL GHADBANE Abdedaim Hatim*
Pr. EL MARJANY Mohammed*
Pr. FEJJAL Nawfal
Pr. JAHIDI Mohamed*
Pr. LAKHAL Zouhair*
Pr. OUDGHIRI Nezha
Pr. RAMI Mohamed
Pr. SABIR Maria
Pr. SBAI IDRISSE Karim*

Pédiatrie
Médecine Légale
Anesthésie-Réanimation
Chirurgie Maxillo-Faciale
Biochimie-Chimie
Parasitologie
Pharmacie Clinique
Microbiologie
Anatomie
Anesthésie-Réanimation
Radiothérapie
Chirurgie Réparatrice et Plastique
O.R.L
Cardiologie
Anesthésie-Réanimation
Chirurgie Pédiatrique
Psychiatrie
Médecine préventive, santé publique et Hyg.

AOUT 2015

Pr. MEZIANE Meryem
Pr. TAHRI Latifa

Dermatologie
Rhumatologie

JANVIER 2016

Pr. BENKABBOU Amine
Pr. EL ASRI Fouad*
Pr. ERRAMI Noureddine*
Pr. NITASSI Sophia

Chirurgie Générale
Ophtalmologie
O.R.L
O.R.L

JUIN 2017

Pr. ABI Rachid*
Pr. ASFALOU Ilyasse*
Pr. BOUAYTI El Arbi*
Pr. BOUTAYEB Saber
Pr. EL GHISSASSI Ibrahim
Pr. OURAINI Saloua*
Pr. RAZINE Rachid
Pr. ZRARA Abdelhamid*

Microbiologie
Cardiologie
Médecine préventive, santé publique et Hyg.
Oncologie Médicale
Oncologie Médicale
O.R.L
Médecine préventive, santé publique et Hyg.
Immunologie

* *Enseignants Militaires*

2- ENSEIGNANTS – CHERCHEURS SCIENTIFIQUES

PROFESSEURS / PRs. HABILITES

Pr. ABOUDRAR Saadia	Physiologie
Pr. ALAMI OUHABI Naima	Biochimie – chimie
Pr. ALAOUI Katim	Pharmacologie
Pr. ALAOUI SLIMANI Lalla Naïma	Histologie-Embryologie
Pr. ANSAR M'hammed	Chimie Organique et Pharmacie Chimique
Pr. BARKIYOU Malika	Histologie-Embryologie
Pr. BOUHOUCHE Ahmed	Génétique Humaine
Pr. BOUKLOUZE Abdelaziz	Applications Pharmaceutiques
Pr. CHAHED OUZZANI Lalla Chadia	Biochimie – chimie
Pr. DAKKA Taoufiq	Physiologie
Pr. FAOUZI Moulay El Abbas	Pharmacologie
Pr. IBRAHIMI Azeddine	Biologie moléculaire/Biotechnologie
Pr. KHANFRI Jamal Eddine	Biologie
Pr. OULAD BOUYAHYA IDRISSE Med	Chimie Organique
Pr. REDHA Ahlam	Chimie
Pr. TOUATI Driss	Pharmacognosie
Pr. ZAHIDI Ahmed	Pharmacologie

Mise à jour le 10/10/2018

Khaled Abdellah

Chef du Service des Ressources Humaines



Dédicaces

*Toutes les lettres ne sauraient trouver
les mots qu'il faut...*

*Tous les mots ne sauraient exprimer la gratitude,
L'amour, le respect, la reconnaissance...*

Je dédie cette thèse à



• • •



A ceux qui me sont les plus chers

A ceux qui ont toujours cru en moi

A ceux qui m'ont toujours encouragée

A la mémoire de ma grand-mère maternelle

*Des souvenirs remplacent un coin de mon cerveau,
ta douceur, ton amour me manquent.*

Ce chagrin d'enfant a encore besoin de ta présence.

Aucun mot ne pourra exprimer ma grande tristesse en ton absence.

*Ta disparition me déchire encore le cœur, la vie m'a privé de ton amour,
je prie et je prierai pour toi tous les jours.*

J'espère que tu seras fière de moi et que tu veilleras sur moi

Mama hajja .

Je t'aimerai pour l'éternité.

Que ton âme douce repose en paix.

A la mémoire de ma tante

Dr Cherradi El Fadili Amina

Tu es partie en laissant tant de choses derrière toi , une famille qui t'aime des amis ,des confrères , des patients , un quotidien ...

Par ton dévouement, ton âme saine, ta gentillesse et ta simplicité , chacun à sa façon a su bien t'aimer .

Admirable par toutes tes gentilleses, tu prodiguais si bien toute ta sagesse .

Toujours prête à subvenir à tes proches, si débordante de bonté , et d'amour ..

Mais voilà la maladie doucement t'a affaiblie , tu es partie et tes jolis yeux se sont endormis pour le paradis. Toi qui as été comme une mère pour moi ,je te dis merci pour tous les moments qu'on a eu à partager, pour tes conseils et pour tout ce que tu as fait pour nous .Que ton âme repose en paix.

Du fond du cœur je t'aime tati .

A la mémoire de mon grand-père Hajj

Ahmed Cherradi El Fadili

*Cet homme admirable, le pilier de notre famille sans
qui notre succès n'aurait pas été.*

*J'aurai aimé que tu sois à mes côtés en ces instants,
j'espère honorer les sacrifices que tu as eu pour la famille.*

Que ton âme repose en paix.

A ma très chère mère

Dr Cherradi El Fadili Soad

*A toi ma perle, mon petit rayon de soleil je te dois ce travail,
tu étais la main droite qui me tenait jusqu'au bout, dans ma faiblesse,
je trouvais en toi ma force.*

Dans mon chagrin j'y trouvais mon bonheur.

Tu as tant sacrifié pour me voir arriver à ce jour-là.

*Quoique je dise je ne pourrai exprimer mon amour envers toi, ma
maman, ma confidente, ma meilleure amie, tout se rassemble en toi,
nous avons eu pendant très longtemps une relation très fusionnelle.*

*Tu m'as toujours aidé à faire les bons choix, et pour tout ça je te
remercie. Notre complicité est sans faille, tu as toujours été mon modèle
pour la force et le courage dont tu as toujours fait preuve malgré
les épreuves très difficiles que tu as traversées.*

Toi qui me relève à chaque fois, qui m'encourage.

Que ce travail puisse être le résultat de tes efforts et de tes sacrifices.

*Tu es le plus grand trésor de ma vie. Qu'Allah te donne bonne santé
et longue vie. Je t'aime maman.*

Ce travail c'est à toi que je le dédie.

A ma très chère sœur Nora

*A toi ma grande sœur, mon modèle, chaque fois que
je veux apprendre à faire quelque chose de nouveau, je m'inspire de toi ,
toujours là pour m'aider et me conseiller si je n'y arrive pas .*

Avec ton aide, j'ai appris plein de choses.

*Tu as toujours été là pour me rassurer, la personne sur laquelle
je pouvais compter.*

*Ta simplicité, ta sagesse, et ta bonté font de toi une personne
formidable.*

*Je suis fière de toi, fière de ce que tu es et de ce que tu es devenue.
Je sais que tu as toute la force et le courage nécessaires pour arriver
à réaliser tes rêves.*

*Je suis si fière d'avoir une grande sœur comme toi,
une battante, une vraie !*

Je t'aime ma sœur.

A mon père

Dr Sayarh Mohammed Jaouad

*A la personne que j'aurais tant aimé avoir à mes côtés
en ce jour pour partager ma joie mais qui malheureusement
ne sera pas là .*

*Ta présence et ton affection me manquent ;
dans chaque moment tu as toujours été présent dans mon esprit,
aussi en ce moment de joie tu as toutes mes pensées.*

Ton absence me déchire le cœur.

*J'espère que tu trouveras dans ce travail l'expression de mon respect,
avec tous mes vœux de bonheur et de santé.*

A mon très cher fiancé Ali

*A toi qui a toujours été à mes côtés pour me soutenir,
m'encourager et me relever chaque fois que j'ai eu recours à toi.*

*A toi qui a su combler tous les vides de mon cœur, j'ai trouvé
en toi un frère, un ami, un père, un confident*

*Aucun mot ne saurait t'exprimer mon profond attachement
et ma reconnaissance pour l'amour, la tendresse et la gentillesse
dont tu m'as toujours entouré.*

*J'aimerai bien que tu trouves dans ce travail l'expression de mes
sentiments de reconnaissance les plus sincères car c'est grâce
à ton aide et ta patience que ce travail a pu voir le jour...*

*Aucun mot ne saurait exprimer mes sentiments
les plus profonds envers toi.*

*Merci pour ton soutien, tes encouragements, ton amour,
ton affection et tes sacrifices.*

Merci d'être toujours à mes côtés.

*Qu'Allah le tout puissant nous protège et nous accorde
une longue vie pleine de bonheur et de succès.*

A ma belle-famille

A ma belle-mère

*A celle que je considère comme deuxième mère, à toi qui
a toujours été à mes côtés pour me soutenir et m'épauler.*

*Tous les mots ne sauraient exprimer ma gratitude et ma reconnaissance
pour ton dévouement et ta tendresse.*

Merci pour toute la gentillesse, et l'amour que tu me portes.

Je t'aime tati Naima.

A mon beau père

A celui qui a su me conseiller, m'épauler et m'aider.

A celui qui essaie de combler le vide d'un père.

A toi qui toujours me fait preuve d'amour et d'affection.

Merci tonton.

*Je vous remercie tout particulièrement pour votre soutien
et affection. Puissiez-vous trouver dans ce travail
le témoin de mon affection et estime.*

A mes beaux-frères et leurs femmes

Hicham et Meriem, Youssef et Sara, et Taoufik

*Je vous remercie pour vos présence, soutien et bonté,
je vous souhaite bonheur, santé et prospérité à vous et vos enfants.*

*Toute mon affection pour votre admirable famille,
que je remercie beaucoup.*

*Je voudrais vous exprimez ma très vive gratitude
et mes très sincères remerciements.*

A mes tantes et cousines :

Najwa, Sakina, Houssam.

Latifa, Hanaa et Kaoutar.

Najat, et Hajja fatema .

Sarra , Imane , Salma , Youssef et Yasmina.

*Je ne vous remercierai jamais assez d'avoir été à mes côtés,
de m'avoir encourager et de m'avoir toujours conseillée.*

*J'espère que vous trouverez ici l'expression
de mes sentiments les plus sincères.*

A mon cousin Badr Bencherif

*A celui que j'ai toujours considéré comme frère, celui avec qui j'ai grandi, j'ai partagé les plus beaux souvenirs de l'enfance.
J'espère que tu arriveras à réaliser tes rêves et ceux de ta maman.
Merci pour ton soutien durant toutes ces années, et d'avoir partagé avec moi toutes mes réussites.*

A mes amis

Kenza boukili Makhoukhi

*Ma deuxième sœur, ma confidente, celle qui m'a toujours supportée, qui me tire toujours vers le haut, et qui me comprend.
Merci d'être et d'avoir toujours été à mes côtés.*

A El Bouazizi Yassine

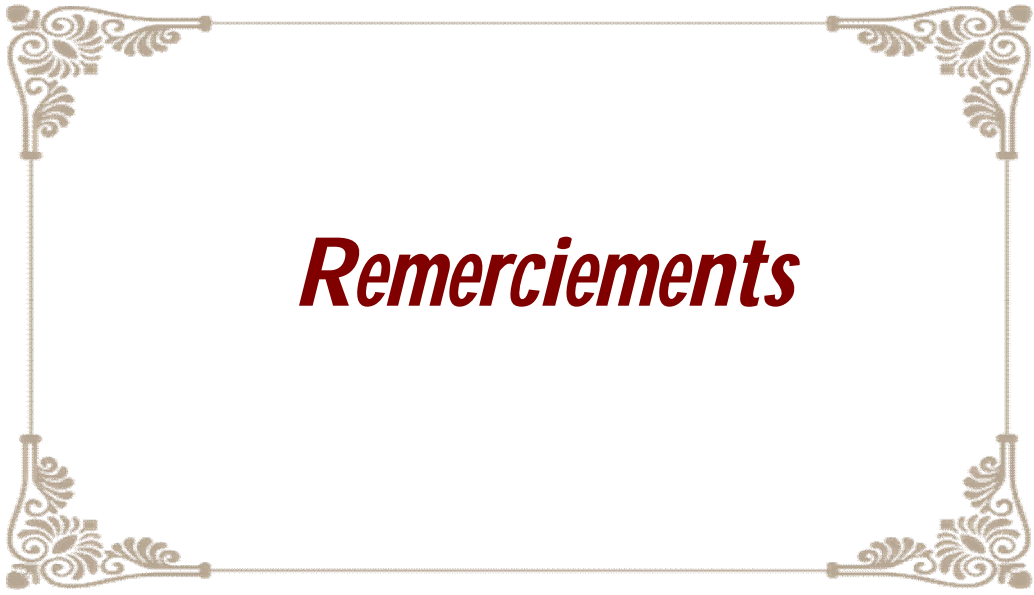
*Un grand exemple pour moi et pour tous les jeunes médecins, un grand frère, un brave garçon, un garçon studieux.
J'espère que tu arriveras à réaliser tes rêves, tu as toute la force et le courage nécessaires.
Sept années où tu m'as toujours soutenue, encouragée et conseillée, merci pour ta présence merci pour toute l'aide que tu m'as apportée.*

A Oudriri Zineb

*20 ans et plus à tes côtés, tout ce que je dirai est très peu
à ton égard, merci d'avoir partager avec moi tous les moments
de ma vie, merci de me soutenir, de m'aimer et de me conseiller.*

Je t'aime petite sœur.

*A mes amis, Dakhch Hajar , Ammor Othmane ,
Tlemcani Younes et tous les membres de ma famille
qui me sont le plus chers, qui ont cru en moi
et qui m'ont toujours encouragée. Merci*



Remerciements

***À notre maître, président et rapporteur de thèse.
Professeur de l'enseignement supérieur de réanimation
M. le Professeur MAAZOUZI AHMED WAJDI***

*Je suis très sensible au geste que vous avez bien voulu avoir
à mon égard en acceptant la présidence de cette thèse.
Ce travail est pour moi l'occasion de vous témoigner cette gratitude.
Vous m'avez confié ce travail, et permis par vos conseils éclairés de le
réaliser. Vous m'avez toujours reçu avec la courtoisie qui vous est
coutumière. Que votre sérieux nous soit un exemple à suivre.
J'ai eu le grand plaisir de travailler sous votre direction, et trouver
auprès de vous le conseiller et le guide qui m'a reçu en toute circonstance
avec sympathie, sourire et bienveillance. Votre compétence
professionnelle incontestable ainsi que vos qualités humaines vous
valent l'admiration et le respect de tous. Vous êtes et vous serez pour
nous l'exemple de rigueur et de droiture dans l'exercice de la profession.
Veuillez, cher Maître, trouvé dans ce modeste travail l'expression
de ma haute considération, de ma sincère reconnaissance
et de mon profond respect.*

***A notre maitre et juge de thèse.
Professeur de l'enseignement supérieur de réanimation
M. le Professeur EL HIJRI AHMED***

C'est pour nous un grand honneur de vous voir siéger dans notre jury.

*Nous vous sommes très reconnaissants de la spontanéité et de
l'amabilité avec lesquelles vous avez accepté de juger notre travail.*

*En dehors de vos connaissances claires et précises, vos remarquables
qualités humaines et professionnelles méritent toute admiration
et tout respect.*

*Veillez trouver, cher Maître, le témoignage de notre
grande reconnaissance et de notre profond respect.*

*Puisse Allah le tout puissant vous accorder bonne santé,
prospérité et bonheur.*

***A notre maitre et juge de thèse,
Professeur de l'enseignement supérieur de réanimation
M. le Professeur AMOR MOURAD***

*Nous avons été très sensibles à l'amabilité de votre
accueil et l'intérêt que vous avez accordé à ce travail
en acceptant de le juger.*

*Veillez trouver ici, cher maître, le témoignage de notre
reconnaissance et de notre grande estime.*

*Puisse Allah le tout puissant vous accorder bonne santé,
prospérité et bonheur.*

***A notre maitre et juge de thèse,
Professeur de l'enseignement supérieur de radiologie
Mme le Professeur FIKRI Meriem***

*Permettez-nous de vous remercier pour avoir si gentiment
accepté de faire partie de nos juges.*

*Votre présence est pour nous, l'occasion de vous exprimer
notre admiration de votre grande compétence
professionnelle et de votre généreuse sympathie.*

*Puisse Allah le tout puissant vous accorder bonne santé,
prospérité et bonheur.*

***A notre maitre et membre associé de thèse,
Professeur assistant de l'enseignement supérieur de réanimation
DOUMIRI MOUHSSINE***

Ce fût un grand honneur pour moi d'être encadrée par vous tant pour vos qualités professionnelles incontestables que pour votre soutien.

Nous avons pu apprécier l'étendue de vos connaissances, votre disponibilité et vos grandes qualités humaines.

Nos vifs remerciements pour votre aide et vos encouragements que vous n'avez cessé de nous communiquer, et pour votre généreuse sympathie.

Sans vous, ce travail n'aurait jamais vu le jour.

Permettez-nous de vous témoigner notre gratitude pour votre accueil sympathique, votre disponibilité et votre soutien.

Veillez trouver ici, cher maître, le témoignage de notre reconnaissance et de notre grand estime.

Puisse Allah le tout puissant vous accorder bonne santé, prospérité et bonheur.



Liste des abréviations

LISTE DES ABREVIATIONS

AEMS : Amplitude expiratoire maximale à la première seconde.

AIMS : Amplitude inspiratoire maximale à la première seconde.

AVC : Accident vasculaire cérébral.

BPCO : Broncho-pneumopathie chronique obstructive.

CI : Capacité inspiratoire.

CPT : Capacité pulmonaire totale.

CV : Capacité vitale

CVF : Capacité vitale forcée.

DD : Dysfonction diaphragmatique.

DIA : Amplitude inspiratoire diaphragmatique.

EFR : Exploration fonctionnelle respiratoire.

GB : Guillain Barré.

MEP : Pression expiratoire maximale.

MIP : Pression inspiratoire maximale.

Mode 2D : Bidimensionnel.

Mode B : Brightness.

Mode TM : Temps-mouvement.

MVV : Ventilation volontaire maximale.

MY : Myasthénie.

PaCO₂ : Pression artérielle en dioxyde de carbone.

PaO₂ : Pression artérielle en oxygène.

PE max : Pression expiratoire maximale.

PI max : Pression inspiratoire maximale.

POD : Jour post opératoire.

SPO2 : Saturation pulsée en oxygène.

VEMS : Volume expiratoire maximal seconde.

VIMS : Volume inspiratoire maximal seconde.

VRE : Volume de réserve expiratoire.

VRI : Volume de réserve inspiratoire.



Liste des illustrations

LISTE DES FIGURES

- Figure 1:** Schéma anatomique du diaphragme et de ses rapports.6
- Figure 2:** Schéma des mouvements de la cage thoracique et du diaphragme en inspiration (lignes discontinues) et en expiration (lignes pleines).8
- Figure 3:** Diaphragme apparaissant en une ligne hyperéchogène par voie sous-costale avec une barrette curviligne basse fréquence en mode B.30
- Figure 4:** Coupe intercostale avec une sonde linéaire haute fréquence en mode B. Image du diaphragme sur son attache costale. À noter un discret épanchement pleural. a : aspect en deux lignes hyperéchogènes et une ligne centrale hypoéchogène ; b : aspect en trois lignes hyperéchogènes limitant deux lignes hypoéchogènes31
- Figure 5:** Zone de transition : la flèche indique la rupture brutale entre la surface pulmonaire et l'organe sous-diaphragmatique ; elle correspond à la position du diaphragme. Image obtenue avec une barrette courbe, basse fréquence, en incidence longitudinale postérieure.32
- Figure 6:** Aspect en 2 3 lignes34
- Figure 7:** Vue échographique de l'excursion diaphragmatique droite par voie antérieure en mode TM-anatomique36
- Figure 8:** Vue échographique de la zone d'apposition du diaphragme par voie axillaire.38
- Figure 9:** Corrélations entre les valeurs spirométriques et les mesures échographiques du diaphragme droit chez les sujets normaux avant bêta-2. a : corrélation entre l'amplitude (en mm) de la course diaphragmatique h la capacité vitale forcée et le poids. b : corrélation entre la capacité vitale forcée et l'amplitude diaphragmatique rapportée au poids. c : corrélation entre le volume inspiratoire maximal durant la première seconde (VIMS) et L'amplitude diaphragmatique correspondante divisée par le poids (AIMS/poids).53
- Figure 10:** A et C, Relation entre la position du diaphragme à l'expiration finale (exp) avec la hauteur (A) et le TLC (C). B, il n'y a pas de relation significative entre l'excursion (exc) du diaphragme mesurée à partir d'une imagerie ultrasonographique 2D et le TLC. D, absence similaire d'association entre une mesure du mouvement du diaphragme en mode M et le CV (sexe, excursion du diaphragme mesurée par le mode M lors d'un reniflement volontaire).54
- Figure 11:** Relation entre l'excursion hémidiaphragmatique et du volume inspiré chez un sujet.55
- Figure 12:** Régression linéaire entre (a) EDEmax et CVF exprimée en L ($R^2 = 0,404$, $p < 0,0001$) et entre (b) EDEmax et FVC exprimée en pourcentage des valeurs prédites ($R^2 = 0,529$, $p < 0,0001$). ..57

- Figure 13 :** Caractéristique de fonctionnement du récepteur montrant la capacité de EDEmax pour prédire une CVF <50% des valeurs prédites. Comparaison entre la population totale (n = 45; aire sous la courbe = 0,878 [0,746-0,957]; meilleure valeur seuil EDEmax <= 5,5 cm), mâle (n = 19, aire sous la courbe 5 0,853 [-0,617- 0,971 meilleure valeur de coupure EDEmax <= 5,4 cm) et femelle (n = 26; aire sous la courbe 5 0,853 [0,660-0,960]; meilleure valeur de coupure EDEmax <= 5,5 cm) n'a montré aucune différence significative.58
- Figure 14:** (A) Excursion diaphragmatique droite chez les sujets témoins et les patients victimes d'un AVC hémiparétique droit et gauche. (B) Excursion diaphragmatique gauche chez les sujets témoins et les patients victimes d'un AVC hémiparétique droit et gauche. * p <0,05, ** p <0,01.60
- Figure 15:** a. Graphique de régression linéaire: comparaison de la capacité vitale (VC) mesurée par spirométrie et amplitude inspiratoire diaphragmatique (DIA) mesurée par échographie en mode M pendant la respiration profonde (r 0,839, P 0,0001). b, tracé de Bland-Altman: comparaison du CV mesuré par spirométrie et du DIA mesuré par échographie en mode M pendant la respiration profonde. Les valeurs sont exprimées sous forme de changements de pourcentage par rapport à la valeur de base.62
- Figure 16:** La relation entre la mobilité diaphragmatique et la PaCO₂. Il y avait une corrélation linéaire négative entre les deux mesures (r = -0,373, P = 0,030). PaCO₂, tension artérielle de dioxyde de carbone.63
- Figure 17:** Relation entre la mesure par ultrasons du déplacement cranio-caudal de la branche gauche de la veine porte et le rapport RV / CCM (% de la valeur prédite). Il existait une corrélation linéaire négative entre les deux mesures (r = -0,76; P < 0,001).64
- Figure 18:** Corrélations entre les valeurs spirométriques et les mesures échographiques du diaphragme droit chez les sujets asthmatiques. a : corrélation entre la capacité vitale forcée (CVF en litres) et l'amplitude de la course diaphragmatique correspondante (AmCVF en mm), avant salbutamol. b : corrélation significative entre le volume expiratoire maximal durant la première seconde (VEMS en litres) et l'amplitude diaphragmatique correspondante (AEMS en mm) avant salbutamol. c : corrélation non retrouvée après salbutamol.66

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Facteurs prédictifs d'intubation à l'admission en réanimation	
Facteurs prédictifs de ventilation mécanique pendant le séjour en réanimation	
Indication à l'intubation en urgence	15
Tableau 2 : Indications des tests spirométrique chez les malades neuromusculaires admis en réanimation.....	47
Tableau 3 : Les caractéristiques des patients neuromusculaires admis en réanimation.....	48
Tableau 4 : corrélation entre la CV et l'amplitude de l'inspiration profonde à l'échographie	49
Tableau 5 : Evolution des malades au niveau de la réanimation.....	50
Tableau 6: Sujets témoins, comparaison des moyennes spirométriques (CVL, VEMS, VIMS) et Echographiques (AmCVL, AEMS, AIMS) avant et après beta-2.	53
Tableau 7: Corrélations entre l'épaisseur du diaphragme et les fonctions respiratoires.	59
Tableau 8: Excursion diaphragmatique droite chez les sujets témoins et les patients hémiparétiques droits et gauches (unité, cm).....	60
Tableau 9: Excursion diaphragmatique gauche chez les sujets témoins et les patients hémiparétiques droits et gauches (unité, cm).....	60
Tableau 10: Variables spirométriques et sonographiques avant et après la lobectomie du foie.....	61
Tableau 11: Corrélation entre la mobilité du diaphragme et les variables de la fonction pulmonaire..	63
Tableau 12: Variables fonctionnelles pulmonaires et pressions respiratoires maximales: corrélations avec la mobilité du diaphragme.....	64
Tableau 13: Sujets asthmatiques, comparaison des moyennes spirométriques (CVL, VEMS, VIMS) et Echographiques correspondantes (AmCVL, AEMS, AIMS) avant et après bêta-2.	65



Sommaire

A-Introduction	1
B-Rappels d'anatomie fonctionnelle du diaphragme	4
a- Anatomie et commande ventilatoire.....	5
b-Mécanique ventilatoire	7
C. Atteinte respiratoire dans les maladies neuromusculaires	11
a- Le syndrome de Guillain-Barré.....	12
b-La Myasthénie	16
D-Echographie et diaphragme	19
1- Apports de l'échographie dans l'exploration du diaphragme.....	20
a- Une aide diagnostique	20
b- Une aide technique.....	23
2- Avantages et limites de l'échographie.....	25
a- Avantages.....	25
b- Limites	26
3 - Précision et reproductibilité.....	28
4- Aspect anatomique du diaphragme normal	30
5- Mesures.....	35
a- Mesure de l'excursion diaphragmatique	35
b- Mesure de l'épaisseur et épaissement diaphragmatique	38

E- Etude	40
1-Objectifs de la recherche	41
2-Matériel et méthodes	41
a-Description de l'étude.....	41
b-Population.....	42
c-Technique de mesure.....	43
d-Recueil des données	45
e-Analyse statistique.....	46
3-Résultats de notre étude.....	47
4-Discussion	52
A-Corrélation entre l'échographie et l'EFR	52
a-Sujet sain	52
b-En situation pathologique.....	56
B-Limites de notre étude	67
F- Conclusion	68
Résumés	70
Références bibliographiques	74



Le diaphragme ,muscle mince et plat qui sépare la cavité thoracique de la cavité abdominale assure la majeure partie du travail ventilatoire en interaction avec les muscles accessoires respiratoires, la cage thoracique et l'abdomen [1].C'est un muscle squelettique qui accomplit deux grandes fonctions: anatomique et fonctionnelle .Le diagnostic des pathologies diaphragmatiques n'est pas une chose aisée et fait appel à un faisceau d'arguments cliniques et para cliniques [2, 3] Il existe différentes techniques d'évaluation de la fonction diaphragmatique, plus ou moins invasives [4-5].L'échographie diaphragmatique s'inscrit comme un outil non invasif, très peu irradiant, disponible et réalisable au lit du patient et permet de réaliser des mesures répétées dans le temps offrant ainsi un véritable monitoring de la fonction de chaque héli diaphragme [3, 6- 7], la vérification de la mobilité diaphragmatique et le suivi des patients en postopératoire. Cependant la recherche d'une corrélation entre l'excursion diaphragmatique échographique et les volumes respiratoires mesurés par spirométrie chez des patients adultes en bonne santé reste à prouver devant le nombre limité des études. Chez les patients atteints d'une maladie neuromusculaire, l'évaluation répétée de la capacité vitale forcée et de la pression inspiratoire maximale permet de prédire de manière fiable l'évolution vers l'admission en réanimation et la ventilation mécanique [8]. Jusqu' à ce

jour il y a une seule étude pilote réalisée par CARRIE qui a montré que l'échographie diaphragmatique permet de prédire une insuffisance respiratoire chez des patients atteints d'une maladie neuromusculaire[9]. Nous avons donc émis l'hypothèse que l'évaluation par échographie du mouvement du diaphragme devrait être corrélée à la capacité vitale et devrait permettre d'identifier rapidement les malades qui nécessitent d'être intubés et ventilés.



***B-Rappels d'anatomie
fonctionnelle du diaphragme***

a- Anatomie et commande ventilatoire

Le diaphragme est le muscle inspiratoire principal. Il est commandé par le nerf phrénique provenant des racines nerveuses cervicales C3, C4 et C5 qui subit un double contrôle : automatique et volontaire. La composante automatique permet la genèse du rythme respiratoire et prend sa source dans le tronc cérébral, alors que la commande volontaire permet les manœuvres respiratoires volontaires telles que l'apnée, la ventilation maximale ainsi que d'autres manœuvres extra respiratoires comme la parole.

Constituant une cloison étanche entre les cavités thoracique et abdominale, le diaphragme est un large muscle strié digastrique en forme de coupole s'insérant latéralement sur les 6 dernières côtes, en avant sur l'appendice xiphoïde et en arrière sur les piliers postérieurs. De ces différentes insertions montent des fibres musculaires vers le centre tendineux composé de trois folioles présentant deux épaississements : les bandelettes fibreuses obliques et transverses. Ses insertions et rapports anatomiques sont précisés dans la figure (1)

b-Mécanique ventilatoire

Lors de l'inspiration, les coupoles s'abaissent par rapport à la colonne vertébrale et augmentent le volume de la cage thoracique dans le sens vertical (force d'insertion) [12]. Simultanément, l'abaissement diaphragmatique engendre une élévation des dernières côtes par « effet de levier » en refoulant le contenu abdominal avec élévation de la pression abdominale et augmentation du volume thoracique dans le sens latéral (force appositionnelle) [13] [14]. Pendant la ventilation calme, le dôme diaphragmatique change peu de forme et c'est la diminution de la hauteur de la zone d'apposition qui augmente le volume intra-thoracique dans le plan vertical. Au cours d'une inspiration profonde, le dôme diaphragmatique est mobilisé grâce aux forces précédemment citées, associées à la mise en jeu des muscles inspiratoires accessoires que sont les sterno-cléido-mastoïdiens, les scalènes et les intercostaux externes. Ces particularités anatomiques et fonctionnelles du diaphragme permettent alors de comprendre qu'en ventilation calme, de repos, l'excursion du diaphragme est d'environ 1 cm, mais peut atteindre 10 cm entre une inspiration et une expiration maximales. A l'inverse, l'expiration est passive au cours de la ventilation calme, grâce à l'élasticité du poumon et de la paroi thoracique qui tendent à reprendre leur position d'équilibre. L'expiration forcée quant à elle met en jeu les muscles

intercostaux internes grâce à ses fibres obliques en arrière et en bas qui rapprochent les côtes, ainsi que les muscles abdominaux (droit abdominal, obliques externe et interne, transverse) qui augmentent la pression intra-abdominale refoulant le diaphragme vers le haut.

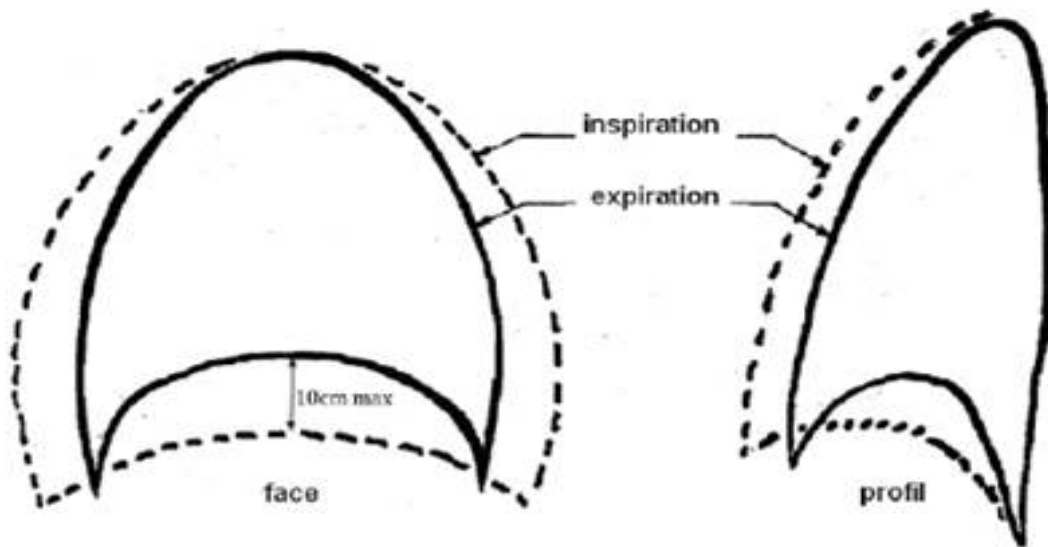
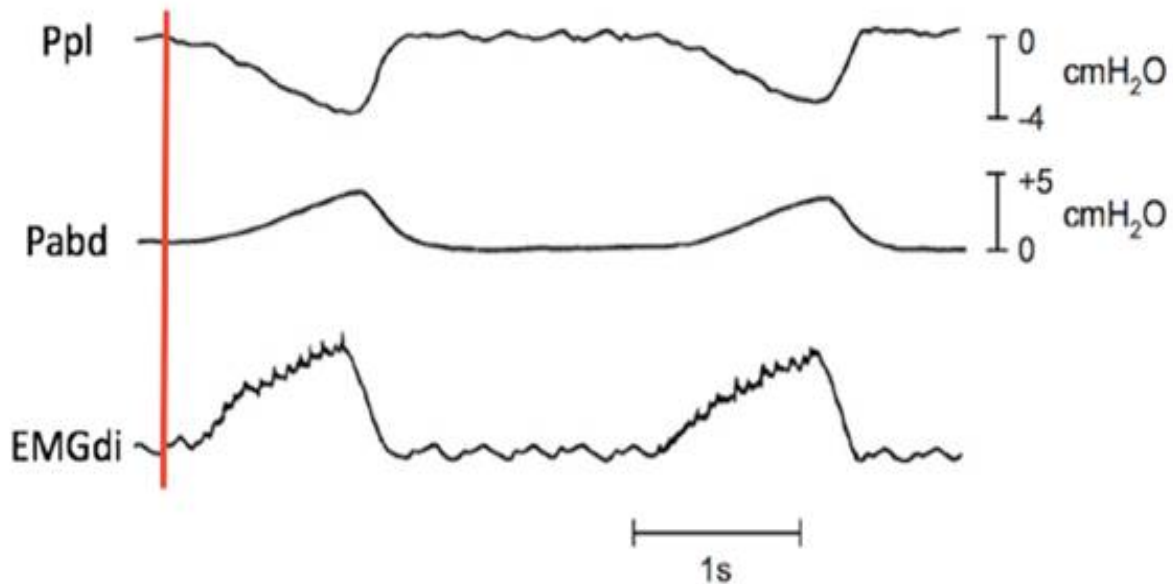


Figure 2: Schéma des mouvements de la cage thoracique et du diaphragme en inspiration (lignes discontinues) et en expiration (lignes pleines).

Tous ces mouvements diaphragmatiques, thoracique et abdominal aboutissent à une diminution de la pression transdiaphragmatique (PTDi) qui est la différence entre la pression pleurale et la pression abdominale. La diminution de la PTDi est associée à une augmentation du volume intra-thoracique puisque le produit Pression x Volume est constant (Loi de Boyle-

Mariotte). La pression pleurale diminue, un gradient de pression s'établit alors entre l'atmosphère et les alvéoles permettant à l'air d'entrer dans le poumon. A la fin de l'inspiration, la pression alvéolaire s'équilibre avec la pression barométrique, interrompant l'entrée d'air dans le poumon.



Toutefois, la course diaphragmatique peut être gênée dans certaines conditions pathologiques diminuant la surface de la zone d'apposition diaphragmatique. Chez des patients atteints de BPCO, la tomodensitométrie montre que la surface diaphragmatique est diminuée par la distension thoracique, due à l'hyperinflation dynamique, aux dépens exclusifs de cette zone d'apposition [15] avec l'aplatissement des coupes diaphragmatiques, l'orientation des fibres musculaires de la zone d'apposition n'est plus crânio-

caudale mais s'horizontalise : la contraction du diaphragme tire les côtes en dedans et entraîne une constriction de la partie basse de la cage thoracique (signe de Hoover). De même, le diaphragme s'accommodant à sa longueur, il en résulte une atrophie musculaire avec diminution du poids et de l'aire musculaire [16].



***C. Atteinte respiratoire
dans les maladies
neuromusculaires***

a- Le syndrome de Guillain-Barré

L'insuffisance respiratoire aiguë peut être d'origine neuromusculaire ou infectieuse. La défaillance respiratoire est malheureusement souvent sous-estimée devant le caractère insidieux de son installation, le patient s'épuisant souvent à « bas bruit ». Le clinicien se doit d'être attentif aux symptômes d'alerte qui sont:

- l'orthopnée ou la tachypnée,
- la réduction de l'ampliation thoracique,
- une respiration paradoxale ou la mise en jeu des muscles respiratoires accessoires,
- la perte des capacités d'expectoration,
- la perte du réflexe de déglutition,
- des accès spontanés de toux (micro inhalation salivaire, toux inefficace),
- sensations d'oppressions thoraciques, angoisse,...

Cette surveillance clinique doit être associée à une surveillance des mesures spirométriques régulières comprenant principalement la mesure de la capacité vitale, des pressions inspiratoires et expiratoires.

A noter que les gaz du sang artériel sont de véritables faux amis, leur normalité n'excluant pas une altération sévère des capacités respiratoires. La recherche de facteurs prédictifs de ventilation mécanique semble primordiale. Elle permet de prendre en charge de manière optimale et précoce les patients susceptibles d'être sous ventilation assistée et d'éviter une détresse respiratoire aiguë et surtout une infection pulmonaire. Trois grandes études ont été menées dans cet objectif. La première étude, menée sur une cohorte de 722 patients, a permis d'identifier les facteurs de risque suivants:

- un délai entre le début des symptômes et l'hospitalisation inférieur à 7 jours,
- l'impossibilité de se maintenir debout, de tousser, de décoller les coudes et la tête du lit,
- et une augmentation initiale des enzymes hépatiques. [17]

La deuxième étude retient une capacité vitale inférieure à 60% de la théorique et des signes de démyélinisation avec des blocs de conduction au niveau du nerf fibulaire [18]. Enfin, la troisième étude néerlandaise, EGRIS (Erasmus GBS Respiratory Insufficiency Score), menée sur une cohorte de 397 patients, a permis d'établir un score prédictif de ventilation mécanique. Ce score a ensuite été validé sur une deuxième cohorte de 191 patients [19]. Il se base sur

3 critères: le score MRC sum score à l'admission, le délai entre l'apparition des symptômes et l'hospitalisation, l'atteinte faciale ou bulbaire.

Les facteurs prédictifs de ventilation mécanique les plus utilisés actuellement sont résumés dans le tableau (1) suivant :

Tableau 1:

Facteurs prédictifs d'intubation à l'admission en réanimation [17] [20]

Sans mesure de la capacité vitale (risque >85% si présence de 4 critères) :

- Début des symptômes inférieur à 7 jours à l'admission
- Toux inefficace
- Impossibilité de tenir debout
- Impossibilité de soulever les coudes
- Impossibilité de lever la tête
- Cytolyse hépatique

Avec mesure de la capacité vitale (risque > 85% si présence de 3 critères) :

- Début des symptômes < 7 jours à l'admission
- Impossibilité de lever la tête
- CV < 60% de la théorique

Facteurs prédictifs de ventilation mécanique pendant le séjour en réanimation[21]

Trouble de la déglutition

CV < 20 ml/kg

Indication à l'intubation en urgence

Détresse respiratoire aiguë

PaCO₂ > 50 mmHg ou PaO₂ < 55 mmHg

CV < 15 ml/Kg

Pression inspiratoire < -25 cmH₂O ou Pression expiratoire < 50 cmH₂O

La mesure des pressions maximales à la bouche, inspiratoires et expiratoires (P_Imax et P_Emax), peut être également envisagée pour la détection de l'insuffisance respiratoire ; leur diminution est plus précoce mais leur réalisation en pratique est plus difficile et ne semble pas apporter de plus-value pour le monitoring de la fonction respiratoire [19].

b-La Myasthénie

L'atteinte respiratoire correspond à une parésie des muscles respiratoires ; son expression clinique est souvent fruste et doit être recherchée minutieusement. Les signes avant-coureurs d'une détresse, voire d'un arrêt respiratoire, sont une polypnée, une orthopnée, une hypo- ou aphonie, une toux inefficace et un encombrement. Néanmoins, leur absence ne doit nullement rassurer, un syndrome restrictif sévère pouvant être complètement asymptomatique.

Les troubles de la déglutition concourent à la dégradation respiratoire en favorisant l'encombrement, les efforts d'expectoration et les pneumopathies d'inhalation.

La normalité des gaz du sang ne doit en aucune manière rassurer sur l'intensité de l'atteinte respiratoire. L'hypercapnie est tardive et témoigne de l'imminence d'un arrêt respiratoire[22] [23] [24].

La réduction de la force de l'appareil contractile aboutit à une diminution des volumes mobilisables et de la CV. Sa surveillance répétée est indispensable en situation aiguë où sa variation à court terme peut refléter l'évolution de la maladie ou la survenue d'autres complications aggravant l'épuisement du patient [20] [25].

Néanmoins dans les syndromes myasthéniques, du fait de l'amenuisement progressif de l'efficacité de la contraction musculaire qui les caractérisent, une mesure isolée peut être à tort rassurante et la fluctuation rapide de l'atteinte des muscles respiratoires peut prendre en défaut cette surveillance [26].

Pour cette raison et comme dans toute insuffisance respiratoire d'origine neuromusculaire, une chute majeure de la CV est un critère de gravité et des valeurs inférieures à 1 l (ou 15 ml/kg) ou à 30 % de la norme théorique indiquent le recours à la ventilation mécanique invasive [20] [23] [24]. La diminution des P_Imax et P_Emax en deçà de -20 cmH₂O et +40 cmH₂O, respectivement, sont également des critères de recours à l'intubation [20] [23] [24]. Par ailleurs, certains auteurs recommandent la surveillance de la ventilation

maximale minute pour prédire la survenue d'une insuffisance respiratoire aiguë. Sa valeur dépend des résistances des voies aériennes et de la force musculaire inspiratoire.

En l'absence d'augmentation de la résistance des voies aériennes, elle renseigne sur la capacité à maintenir un effort ventilatoire. Elle est réalisée en demandant au patient de soutenir une ventilation volontaire maximale pendant 12 secondes en maintenant une fréquence de 50 à 60 cycles par minute. Une diminution de sa valeur serait un bon indicateur de la nécessité d'une assistance respiratoire [27] [25]. Chez les patients myasthéniques, elle peut permettre de mettre en évidence un épuisement progressif de la force musculaire inspiratoire, équivalent respiratoire du décrétement observé à l'électromyographie.



***D-Echographie
et diaphragme***

L'échographie s'inscrit comme un outil simple, non irradiant, peu coûteux, facilement disponible et réalisable au lit du patient dans un délai quasiment immédiat. Cela permet également de fournir au clinicien des informations qualitatives mais surtout quantitatives et cela de façon répétée dans le temps. Contrairement au diagnostic de paralysie diaphragmatique qui suit une loi binaire, la mise en évidence d'une DD suffisamment sévère pour expliquer les symptômes respiratoires du patient nécessite une évaluation quantitative. Depuis 1975, différents modes échographiques ont été étudiés afin de faire progresser la méthode et valider cet outil pour le diagnostic de DD [28].

1- Apports de l'échographie dans l'exploration du diaphragme

a- Une aide diagnostique

Il est fréquent qu'une radiographie pulmonaire objective une anomalie de forme ou de position du diaphragme (par exemple une ascension de coupole). L'échographie permettra de préciser la position de l'hémi-diaphragme concerné par rapport à celui du côté opposé et d'en apprécier sa forme et sa mobilité. L'évaluation d'une dyspnée se fait le plus souvent par l'interrogatoire, l'examen clinique la radiographie pulmonaire, les EFR et les gaz du sang. Elle doit être complétée par l'étude échographique de la mobilité diaphragmatique en temps réel, en particulier au décours d'une chirurgie thoracique [29] [2] ou abdominale

[30] [31], d'un accident vasculaire cérébral [32] [33] pour déterminer la mobilité de chaque hémidiaphragme et évaluer la responsabilité de celui-ci dans la survenue de l'essoufflement.

Si la radiographie pulmonaire objective un hémithorax opaque ou une opacité basithoracique, l'examen ultrasonore permettra de situer le diaphragme, d'en analyser sa mobilité, d'examiner les organes de son environnement et en cas d'épanchement pleural associé, d'en orienter la ponction sans léser le muscle diaphragmatique ni les organes adjacents. Un mouvement paradoxal peut être facilement diagnostiqué et l'échographie contribuera à en rechercher :

- la fraction d'épaississement (définie par l'épaisseur du diaphragme à l'inspiration forcée—l'épaisseur du diaphragme à l'expiration forcée rapportée à l'épaisseur du diaphragme à l'expiration forcée) a pu être corrélée à la pression transdiaphragmatique. La diminution de ces deux mesures augmente avec le niveau de pression délivrée au cours de la ventilation artificielle [34] ;
- une diminution de la pente inspiratoire sans valeur seuil (la norme proposée est de 1,66 cm/L [32]) ;
- enfin, la vitesse inspiratoire du diaphragme (en cm/s) est un autre critère pouvant être pris en compte pour le sevrage d'une ventilation

En cas de paralysie diaphragmatique, une dyspnée chronique associée à la mise en évidence échographique d'un mouvement paradoxal incite à la réalisation d'une plicature [35]. Dans cette situation, on peut également proposer la mise en place d'un stimulateur électrique ; l'échographie permet alors de le régler en temps réel en fonction de la mesure échographique de l'amplitude diaphragmatique [36].

Certaines paralysies phréniques sont d'origine virale et en particulier herpétique ; le suivi de l'amplitude diaphragmatique au cours d'un traitement antiviral peut permettre d'en évaluer son efficacité [37]. Chez 11 nouveau-nés en détresse respiratoire, trente minutes après administration de théophylline, le suivi échographique du diaphragme a pu montrer une amélioration de 43 % de son amplitude [38]. Une prédiction de la fonction respiratoire après chirurgie thoracique a pu être évaluée. Elle nécessite la mesure préopératoire du rapport amplitude échographique du diaphragme/distance radiologique base—sommet en fin d'inspiration forcée. Plus ce rapport est élevé, moins le risque de surévaluation du volume expiratoire maximal seconde (VEMS) postopératoire est grand [39]. Cette technique semble donc plus appropriée pour les patients de petite taille. La fiabilité de cette évaluation reste insuffisante et nécessite, selon le propre avis des auteurs, des mesures sur une plus grande série de patients pour déterminer une valeur seuil prédictive de la fonction respiratoire postopératoire.

Sur le plan thérapeutique, l'échographie constitue une aide dans de nombreuses circonstances : • hoquet rebelle ; • aide au sevrage de ventilation après chirurgie cardiothoracique ; • aide aux décisions thérapeutiques en cas de paralysie diaphragmatique ; • pose d'un stimulateur électrique ; • suivi de l'efficacité d'un traitement antiviral dans certaines paralysies phréniques de cause virale ; • prédiction de la fonction respiratoire après chirurgie thoracique (fiabilité encore insuffisamment étayée).

b- Une aide technique

La mise en place d'une aiguille permettant de réaliser un électromyogramme diaphragmatique peut être facilitée par l'échographie. Le sujet doit être allongé. La sonde est placée sur la ligne axillaire antérieure au niveau du 8^e espace intercostal [40] [41]. Parmi les techniques permettant de vérifier la bonne place d'une sonde d'intubation trachéale, l'échographie diaphragmatique a été utilisée avec une sensibilité de 91 % et une spécificité de 50 % [42]. Lorsque la sonde est endotrachéale, le mouvement des deux hémidiaphragmes est normal. Si la sonde est située dans un tronc souche, le mouvement diaphragmatique n'apparaît satisfaisant que du côté homolatéral. Lorsque la sonde est dans l'œsophage, les deux diaphragmes sont immobiles et

peuvent même présenter un mouvement paradoxal lors de la mise en place de la ventilation assistée

- L'échographie constitue une aide dans le positionnement des électrodes pour un électromyogramme diaphragmatique et la vérification de la bonne place d'une sonde d'intubation trachéale.

2-Avantages et limites de l'échographie

a- Avantages

L'ultrasonographie permet une analyse de la structure et de la fonction du diaphragme [29] [43] [28]. Elle est facile à mettre en œuvre au lit du patient, avantage très appréciable en milieu de réanimation, en particulier grâce aux appareils portables et ultraportables [44] [45]. Cet examen est non irradiant, indolore, non invasif, rapide et permet une analyse séparée des deux hémidiaphragmes [46] [43]. Sa reproductibilité est meilleure que la fluoroscopie, avec un faible écart-type [47]. Il est possible d'analyser les structures sus- et sous diaphragmatiques. Sa précision est identique aux autres techniques d'imagerie [29] [31] [48] [49] et remplace avantageusement la scopie. Elle est complémentaire aux autres techniques d'explorations et couplées avec l'EFR. Elle permet d'avoir une vision directe sur la cinétique diaphragmatique avec mesure de son amplitude, de sa vitesse de contraction, de la durée de chaque phase de contraction, de la durée de chaque phase de contraction avec une étude analytique des différentes portions de son mouvement sur la courbe obtenue en mode TM. Étant non irradiant, cet examen peut être répété autant de fois qu'on le souhaite pour suivre la cinétique diaphragmatique au fil du temps. Enfin, son coût est devenu modeste par rapport aux autres moyens d'exploration du diaphragme.

b- Limites

Une reproche fréquemment fait à l'échographie est son caractère « opérateur dépendant ». Il convient toutefois de souligner que n'importe quelle technique présente cette limite. À titre d'exemple, l'interprétation d'une radiographie pulmonaire par un interne débutant n'est certainement pas la même que celle faite par un radiologue expérimenté. Par ailleurs, plusieurs études montrent une bonne reproductibilité intra- et inter-opérateur [29] [46] [36] [50] [51] [52] [53] [54] [6]. Sa fiabilité inter-observateur est de 0,89 [29]. La mesure de l'amplitude diaphragmatique dépend de la coopération du patient comme elle l'est lors de la réalisation d'une épreuve fonctionnelle respiratoire ou d'une pression inspiratoire maximale (PI max) ou d'une pression expiratoire maximale (PE max). L'accès au diaphragme gauche apparaît plus difficile en raison de la fenêtre acoustique plus étroite (à travers la rate) que du côté droit (à travers le foie). Son abord est impossible dans 29 % des cas pour certains auteurs [38] [43] [51] [55] mais toujours possible pour d'autres [56]. En variant les incidences, et en particulier en utilisant une coupe intercostale axillaire basse, le diaphragme gauche est aussi facilement visualisé que le diaphragme droit. Enfin, il est très facile d'accéder indirectement au diaphragme dans 100 % des cas en visualisant la zone de transition. Celle-ci correspond au point de rupture brutale entre la

structure aérique du poumon et l'image hypoéchogène des organes sous-jacents (le foie à droite, la rate à gauche). Elle peut être suivie en coupe sagittale sur la totalité de chaque héli thorax, de la zone para rachidienne jusqu'à la partie antérieure du thorax en utilisant le mode B (Brightness). Lorsque l'on mesure l'épaisseur du diaphragme, la densité du muscle à l'inspiration peut se modifier et donc fausser le résultat [57]. Cet inconvénient apparaît cependant négligeable pour plusieurs auteurs [58]. En fait, les deux principales limites de cet examen sont constituées par :

- les variations de transparence acoustique du patient qui dépend de sa morphologie. Des images de qualité sont plus difficiles à obtenir chez les patients obèses ; il convient alors d'utiliser une sonde basse fréquence (1,5 MHz). À l'inverse, chez le sujet très maigre, il n'est pas toujours aisé d'obtenir un bon contact entre la paroi thoracique et la sonde ; il est alors préférable d'utiliser une sonde « sectorielle » qui permet un contact plus étroit avec la paroi thoracique ;
- la difficulté de maintenir l'incidence de la sonde, en particulier lors de la mesure de l'amplitude diaphragmatique par voie abdominale récurrente. Lors de l'inspiration, la sonde rendue glissante par le gel est refoulée par le diaphragme. Le maintien d'une incidence perpendiculaire à l'axe diaphragmatique nécessite alors une certaine expérience.

3 - Précision et reproductibilité

Plusieurs études ont porté sur la précision et la reproductibilité des ultrasons pour mesurer le déplacement et l'épaisseur du diaphragme chez des volontaires sains et chez des patients en soins intensifs. Dans une vaste étude mesurant l'excursion diaphragmatique chez des volontaires sains, Boussuges a rapporté que la reproductibilité intra-observateur était de 96 et 94% et que reproductibilité inter observateur de 95 et 91%, respectivement lors de la respiration silencieuse pour le diaphragme droit et gauche [51]. La reproductibilité intra-observateur et inter-observateur (coefficients de corrélation intra-classe) des mesures de l'excursion diaphragmatique rapportées chez les patients en soins intensifs se situait dans la même plage, entre 88 et 99% . En ce qui concerne la reproductibilité des mesures d'épaisseur diaphragmatique au cours de la même session, Vivier et Al. ont évalué la reproductibilité de l'analyseur, la reproductibilité intra-analyseur (mêmes paramètres analysés de manière répétée) et la reproductibilité inter-analyseur (mêmes enregistrements obtenus séparément par deux ultrasonographes différents) [34]. Les valeurs rapportées pour la reproductibilité (coefficients de corrélation intra-classe) étaient toutes supérieures à 0,97. Les coefficients de reproductibilité variaient autour de 7-8% pour la reproductibilité intra- ou inter-analyseur et autour de 15-

18% pour la reproductibilité intra- ou inter-observateur. Pour améliorer la reproductibilité, il existe des astuces techniques pour l'échographe diaphragmatique. Tout d'abord, il faut savoir qu'il y a peu de différence dans l'excursion diaphragmatique entre la partie médiane et postérieure du diaphragme. Par conséquent, il y a peu de raisons de se préoccuper de l'emplacement exact, et la meilleure délimitation du diaphragme en mode B doit être choisie avant d'appliquer le mode M. Deuxièmement, le curseur pour les mesures d'excursion diaphragmatique en mode M doit toujours être aussi perpendiculaire que possible par rapport à la partie médiane ou postérieure du diaphragme. Cela peut être obtenu en tournant la sonde ou en corrigeant l'angle du mode M avec un bouton spécifique sur la machine à écho. Enfin, pour l'épaisseur de la membrane, l'utilisation de la sonde linéaire à résolution supérieure (C10 MHz) est nécessaire.

4-Aspect anatomique du diaphragme normal

Le diaphragme peut apparaître sous forme d'une seule ligne de 2 à 5 mm, très bien vue par voie transhépatique [48].

Cette ligne ne représente pas le diaphragme lui-même mais l'interface entre l'air pulmonaire et le diaphragme avec les organes sous-jacents [48] [59].

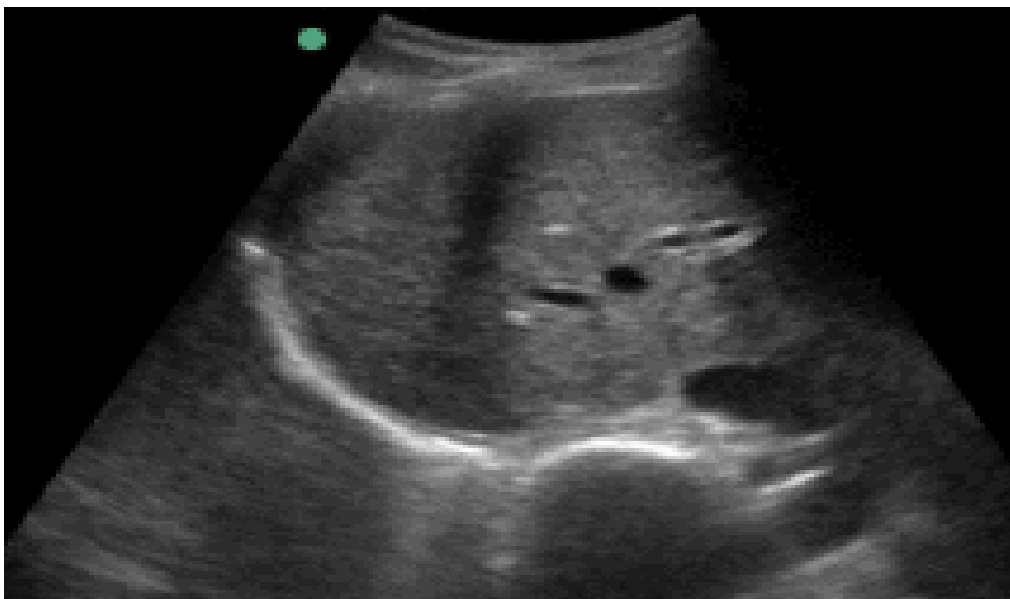


Figure 3: Diaphragme apparaissant en une ligne hyperéchogène par voie sous-costale avec une barrette curviligne basse fréquence en mode B.

Le diaphragme normal peut apparaître également sous forme de 2 ou 3 lignes : 2 lignes si l'on considère uniquement les images échogènes (l'inférieure correspondant au péritoine, la supérieure à la plèvre), 3 lignes si on inclut la zone hypoéchogène intercalée entre les 2 autres et qui représente le diaphragme lui-même (fig a). Surtout lors d'une inspiration forcée, celui-ci peut également prendre un aspect en 3 lignes échogènes (ou 5 lignes si l'on tient compte des deux zones hypoéchogènes intercalées) (fig b)

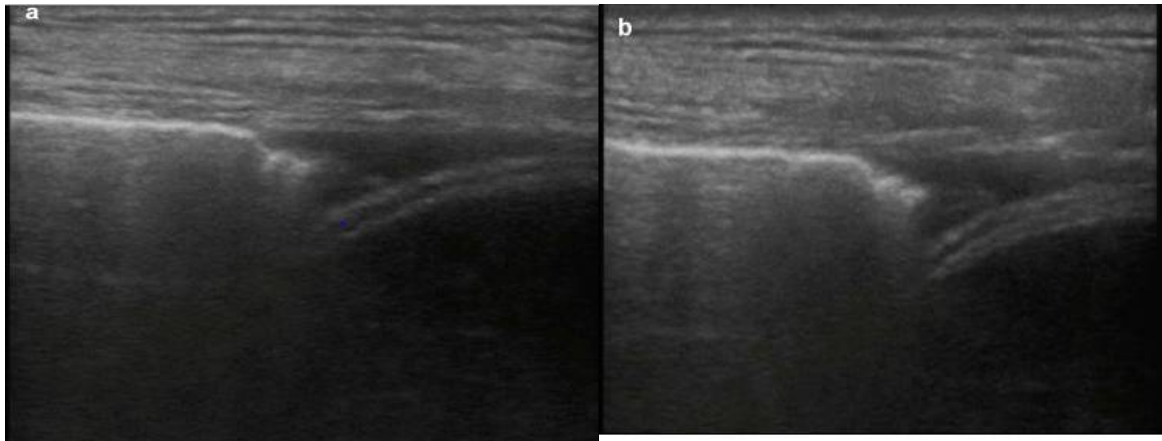


Figure 4 : Coupe intercostale avec une sonde linéaire haute fréquence en mode B. Image du diaphragme sur son attache costale. À noter un discret épanchement pleural. a : aspect en deux lignes hyperéchogènes et une ligne centrale hypoéchogène ; b : aspect en trois lignes hyperéchogènes limitant deux lignes hypoéchogènes

La ligne supérieure correspond pour certains auteurs à une image en miroir de la ligne inférieure et pour d'autres à la plèvre. La ligne moyenne est également interprétée de façon différente d'un auteur à l'autre correspondant soit aux vaisseaux et au tissu conjonctif au sein du muscle hypoéchogène soit à la plèvre viscérale. La ligne inférieure reflète l'interface entre le diaphragme et le péritoine.

Le plus souvent, en particulier chez le sujet sain, on recherche systématiquement le diaphragme en visualisant la zone de transition. Cette image linéaire née de la rupture brutale d'échogénicité entre le poumon et les organes sous-jacents ne représente pas le diaphragme lui-même mais sa position

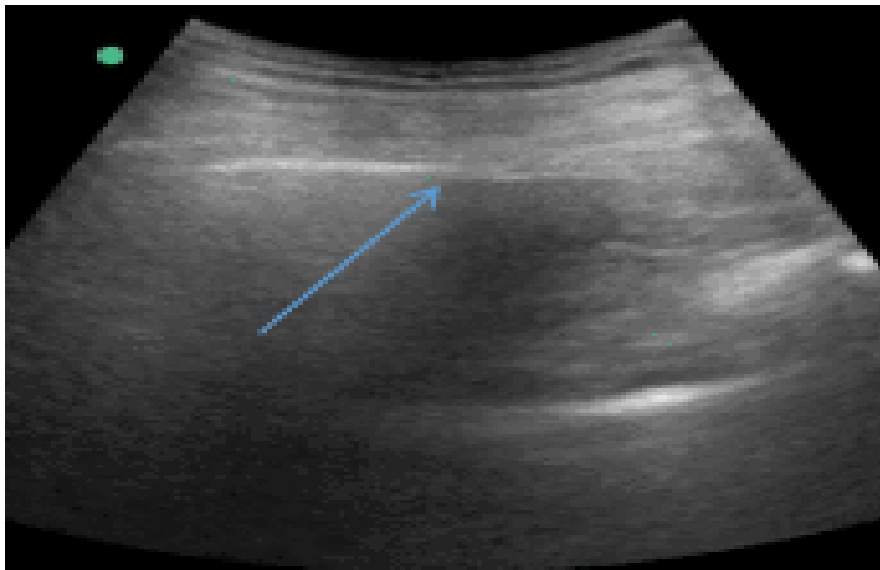


Figure 5 : Zone de transition : la flèche indique la rupture brutale entre la surface pulmonaire et l'organe sous-diaphragmatique ; elle correspond à la position du diaphragme. Image obtenue avec une barrette courbe, basse fréquence, en incidence longitudinale postérieure.



Aspect en une ligne : Ligne échogène vue en transhépatique qui ne représente pas le diaphragme lui-même mais l'interface air-pulmonaire / diaphragme avec les organes sous jacents

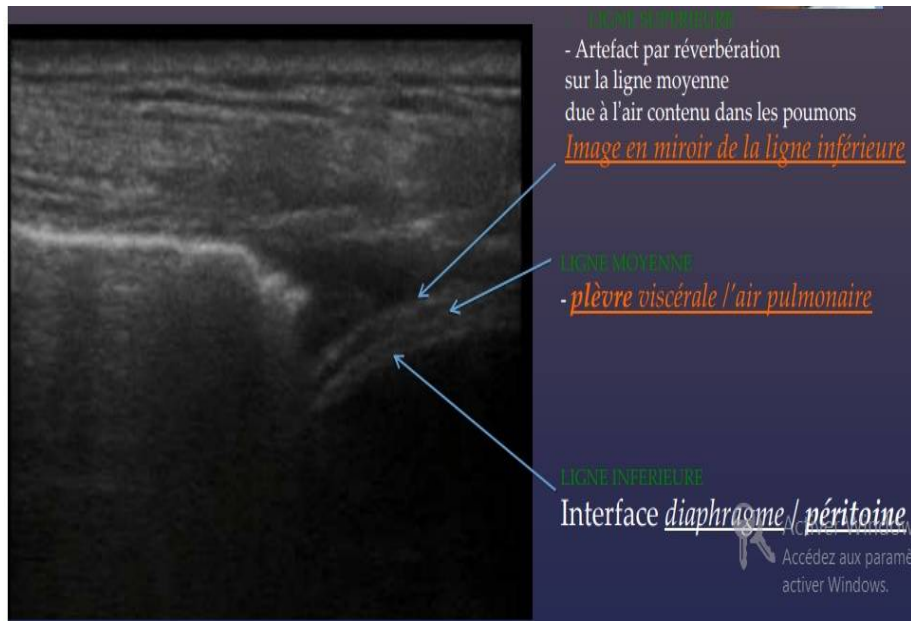
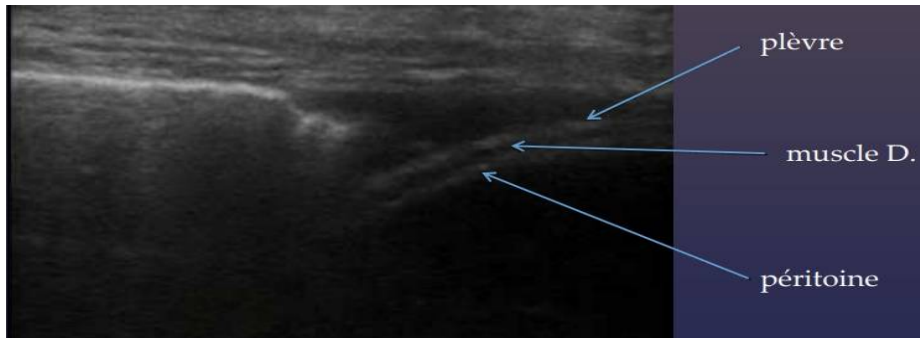
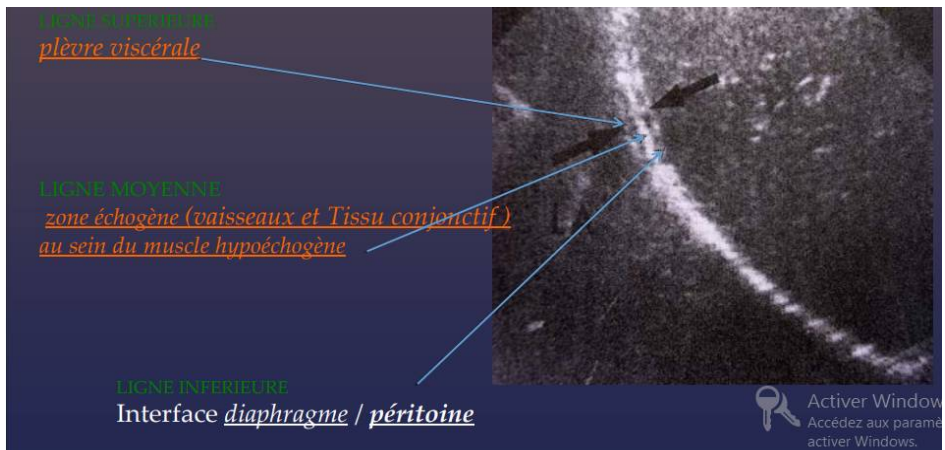


Figure 6: Aspect en 2 3 lignes



5-Mesures

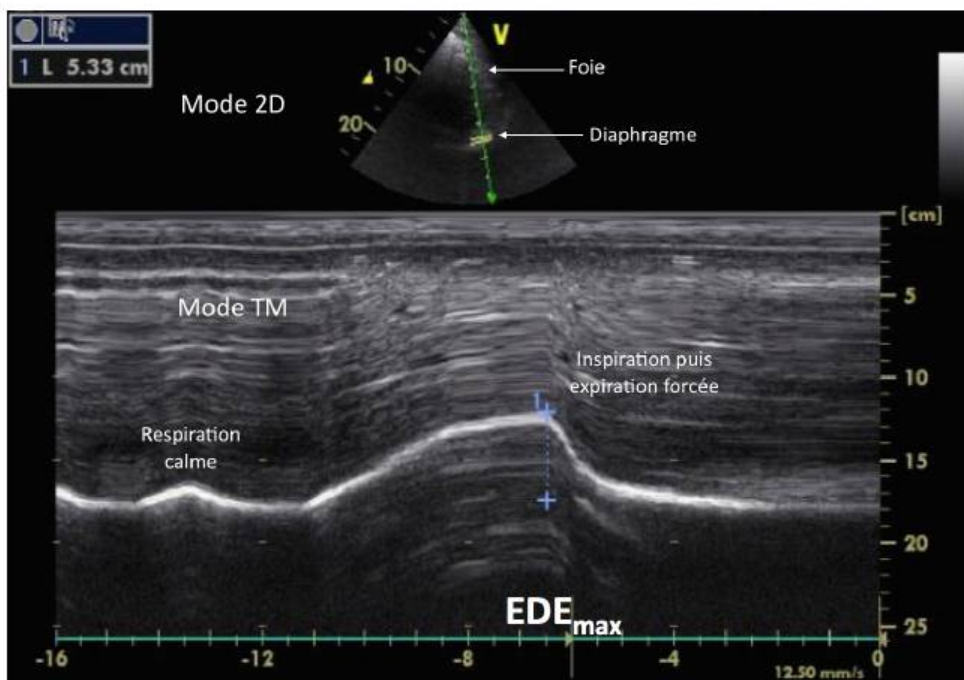
a- Mesure de l'excursion diaphragmatique

La sonde d'échographie de 3 à 5 MHz est placée par voie axillaire ou sous costale antérieure droite et gauche sur la ligne medio-claviculaire. La sonde d'échographie est dirigée en dedans, postérieure et vers le haut de sorte que le faisceau d'ultrasons atteigne perpendiculairement le tiers postérieur de, l'hémi-diaphragme correspondant, le foie ou la rate servant d'interface aux ultrasons. En mode 2D, le diaphragme apparaît comme une structure curviligne hyperéchogène entre le parenchyme hépatique et la plèvre.

Après avoir aligné le dôme diaphragmatique perpendiculairement au faisceau ultrasonore, le mode TM permet ensuite de visualiser la ligne diaphragmatique hyperéchogène et d'analyser ses mouvements de façon précise. Elle permet l'analyse qualitative (akinésie ou dyskinésie par paralysie diaphragmatique) et quantitative (hypo kinésie) du diaphragme. Nous avons vu précédemment que le diaphragme a un mouvement dans le sens caudal pendant l'inspiration ; ce qui se traduit sur les images échographiques par un déplacement de la ligne diaphragmatique vers la sonde et inversement pour l'expiration. Plusieurs techniques ont été décrites dans la littérature.

Récemment, Boussuges et coll. ont défini des valeurs normales de référence chez des sujets sains en employant la méthode échographique par voie sous-costale antérieure droite. L'excursion diaphragmatique en inspiration et expiration profonde est de $7,0 \pm 1,1$ cm chez les hommes et $5,7 \pm 1$ cm chez les femmes. [51]

En utilisant la même approche sur 40 volontaires sains, Testa et coll. ont retrouvé une excursion moyenne de l'hemi-diaphragme droit de $7,9 \pm 1,3$ cm durant des manœuvres d'inspiration et expiration profondes. [60]



EDE_{max} : Excursion diaphragmatique en expiration maximale

Figure7 : Vue échographique de l'excursion diaphragmatique droite par voie antérieure en mode TM-anatomique

Les valeurs d'excursion du diaphragme chez des individus en bonne santé varient de $1,8 \pm 0,3$, $7,0 \pm 0,6$ et $2,9 \pm 0,6$ cm pour les hommes, et $1,6 \pm 0,3$, $5,7 \pm 1,0$ et $2,6 \pm 0,5$ cm pour les femmes, pendant le calme, la respiration profonde et le reniflement volontaire, respectivement [51]. Fait intéressant, les mêmes valeurs d'excursion diaphragmatiques (1,8 cm) ont été trouvés chez les patients ventilés qui avaient réussi un essai de sevrage [46], sans différence entre l'hémi diaphragme droit et l'hémi diaphragme gauche dans les deux études. En plus des mesures de l'excursion diaphragmatique, la vitesse de contraction du diaphragme (pente, cm / s,) peut également être mesurée, comme lors de l'évaluation d'un reniflement maximal. Ce dernier est défini comme un effort inspiratoire court et précis à travers le nez, son rôle dans l'évaluation respiratoire des patients en soins intensifs reste à déterminer. La pente (vitesse) de contraction du diaphragme, pendant la respiration calme, a été mesurée à $1,3 \pm 0,4$ cm / s chez quarante individus en bonne santé sans différences significatives entre les mâles et les femelles [61].

b- Mesure de l' épaisseur et épaissement diaphragmatique

Pour rappel, à l'inspiration la contraction diaphragmatique entraîne un épaissement musculaire prédominant au niveau de la zone d'apposition. En utilisant une sonde a haute fréquence (7,5 MHz), l'échographie en mode 2D par voie axillaire distingue trois feuillets a ce niveau : le diaphragme hypoéchogène entouré de la plèvre et du péritoine hyperéchogènes [62] [63]. L'épaisseur et l'épaissement diaphragmatique peuvent être alors déterminés. La fraction d'épaissement diaphragmatique est calculée comme suit : (épaisseur en fin d'inspiration – épaisseur en fin d'expiration) / épaisseur en fin d'expiration.

D'après Sarwal et coll. Muscle Nerve 2013 (151) et Matamis et coll. Intensive Care Med 2013 (153)

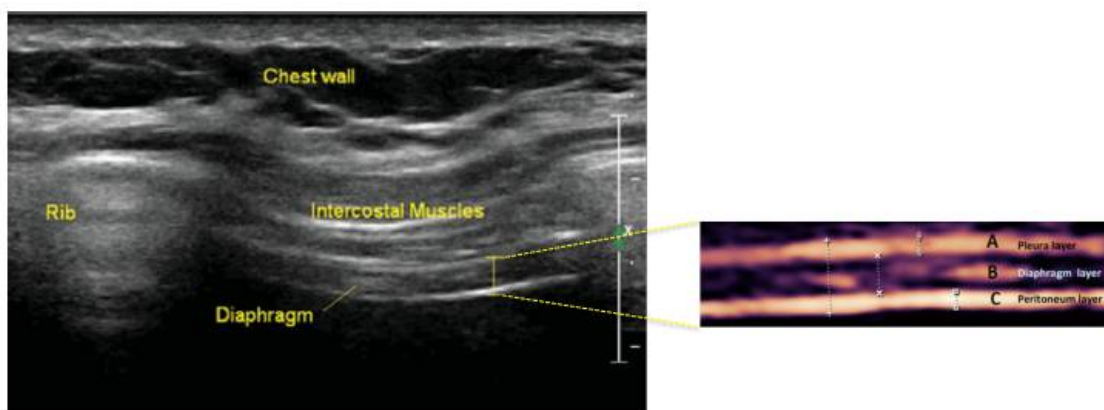


Figure 8 : Vue échographique de la zone d'apposition du diaphragme par voie axillaire.

Wait et coll. ont démontré la corrélation entre l'épaisseur diaphragmatique mesurée par échographie avec l'épaisseur mesurée directement sur des cadavres [57]. Selon eux, l'épaisseur diaphragmatique normale est de 0,22 à 0,28 cm. Toutefois l'étude seule de l'épaisseur musculaire peut mener à de faux négatifs dont la zone évaluée par échographie n'est pas encore touchée par l'atrophie musculaire et à de faux positifs car l'épaisseur varie avec le poids et la taille [64]. Les mesures de l'épaississement diaphragmatique ont l'avantage de s'affranchir de ces corrélations avec la taille et le poids. La mesure échographique de l'épaississement diaphragmatique n'est influencée que par la propre contraction du muscle diaphragmatique ainsi que par les volumes pulmonaires dans une relation non linéaire [65] [66]. La fraction d'épaississement diaphragmatique normale est $> 30 \%$.



1-Objectifs de la recherche

L'objectif principal de notre étude était d'évaluer la relation entre l'excursion diaphragmatique droite mesurée par échographie et la capacité vitale mesurée par spirométrie chez les patients atteints de maladie neuromusculaire au cours de l'altération de la fonction respiratoire à l'admission en réanimation. Le résultat secondaire était de déterminer un seuil prédictif d'intubation par mesure d'excursion diaphragmatique.

2-Matériel et méthodes

a-Description de l'étude

Il s'agit d'une étude prospective observationnelle mono centrique menée dans le service de réanimation de l'hôpital des spécialités du Centre Hospitalier Universitaire Ibn Sina de Rabat pendant une année entre le premier juillet 2017 au 30 juin 2018.

Un consentement écrit n'était pas nécessaire vu le caractère observationnel de l'étude, mais les patients ou les proches étaient informés oralement de l'objectif et de la conception de l'étude

b-Population

Les patients ayant un syndrome myasthenique ou Guillain - Barré ont été admis en réanimation devant des signes cliniques prédictifs de la ventilation mécanique, soit directement des urgences, soit après un séjour au niveau du service de la neurologie. A l'admission en réanimation les patients ont été évalués pour inclusion.

➤ Critères d'inclusion :

- Age \geq 18ans
- Syndrome de GB et M
- Conscient
- Stabilité HD
- En respiration spontanée
- Diminution de l'efficacité de la toux
- SpO₂>95% à l'air ambiant

➤ Critères d'exclusion

- Patients agités
- SpO₂ <95%

- Absence de toux
- Paralysie faciale
- Non coopérant
- Intubation et ventilation pour détresse respiratoire en réanimation dans les antécédents
- Traumatisme thoracique ou abdominale dans les antécédents

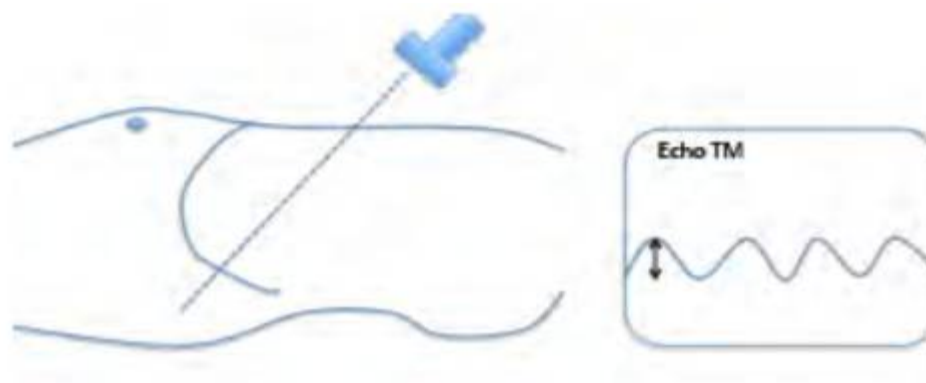
Tous les patients inclus ont eu :

- Une mesure spirométrique du volume courant et de la capacité vitale
- Une mesure échographique de la course diaphragmatique en mode M en inspiration normale puis forcée

c-Technique de mesure

Tous les patients étaient examinés en position semi-assise (position du lit à 45°) par une approche sous-costale droite antérieure, la sonde cardiaque de 4 MHz positionnée entre les lignes medio claviculaire et axillaire antérieure sous le rebord costal droit. Après optimisation des gains et de la profondeur, le mode bidimensionnel (2D) permettait la localisation du dôme diaphragmatique qui apparaissait comme une structure curviligne hyperéchogène entre le

parenchyme hépatique et la plèvre pariétale et présentant la plus grande excursion crânio-caudale en respiration spontanée [63] [60]. Les mouvements diaphragmatiques étaient ensuite enregistrés en mode TM, le curseur dirigé perpendiculairement à l'excursion diaphragmatique. L'excursion diaphragmatique était alors mesurée pendant une manœuvre d'expiration forcée après une inspiration maximale. L'ED Emax correspondait à la distance entre le plateau inspiratoire maximal et la limite inférieure de fin d'expiration : de bord d'attaque à bord d'attaque. Chaque manœuvre respiratoire était répétée trois fois. Seule la meilleure mesure était retenue pour l'analyse. Toutes les mesures échographiques étaient réalisées avec un échographe sonoscape S9. Chaque examen était effectué indépendamment par deux médecins de réanimation formés à l'échographie diaphragmatique.



d-Recueil des données

Les variables recueillies pour notre étude sont :

- les caractéristiques générales des patients (âge, sexe, IMC, comorbidités),
- les caractéristiques cliniques, biologiques et électrophysiologiques du syndrome de Guillain-Barré, et de la myasthénie
- les symptômes cliniques d'admission en réanimation
- le délai entre début des symptômes et admission en réanimation
- le délai entre admission réanimation et intubation
- le délai d'instauration Immunoglobuline
- les mesures de capacité vitale et d'excursion diaphragmatique correspondantes avant intubation/ ventilation
- la durée de la ventilation mécanique
- la durée de l'hospitalisation en réanimation
- les complications observées en réanimation
- la mortalité au niveau de la réanimation

e-Analyse statistique

Pour l'analyse descriptive, les variables quantitatives étaient exprimées en moyenne (écart-type ou en médiane et les variables qualitatives étaient exprimées en valeurs absolues ou pourcentages. Pour comparer les variables quantitatives, le test t de Student ou le test de Mann-Whitney étaient utilisés. Pour comparer les variables qualitatives, le test chi2 ou le test exact de Fisher étaient utilisés. L'association entre l'excursion diaphragmatique échographique, les valeurs de la CV par spiromètre étaient analysées en utilisant le test de corrélation de Spearman après régression linéaire.

Nous avons utilisé le logiciel SPSS v. 20 pour effectuer les tests statistiques. Une valeur $p \leq 0.05$ était considérée comme significative.

3-Résultats de notre étude

Au cours de la période de l'étude, 12 patients atteints de maladies neuromusculaires (6 Guillain-Barré et 6 myasthéniques) et admis en réanimation pour des critères cliniques de détresse respiratoire ont été inclus. Les principales indications pour les tests spirométriques sont présentés dans le tableau 2.

Tableau 2 : Indications des tests spirométriques chez les malades neuromusculaires admis en réanimation

Population	N=12
Guillain barre	6
Myasthénie	6
Autres maladies neuromusculaires	0

La faisabilité globale de l'échographie diaphragmatique et de la spirométrie était de 100 %.

Le temps moyen de mesures de l'excursion de diaphragme par échographie a été effectué en 7 ± 2 min.

Les principales caractéristiques de ces patients sont présentés dans le tableau 3 avec analyse comparative entre GB ET MYASTH.

Tableau 3 : Les caractéristiques des patients neuromusculaires admis en réanimation

	globale N=12	gb N=6	myasth N=6	p
Caractéristiques démographiques				
- Age (ans) NS	40±11		45±9,5	36, 3±12,6
- Sexe(%) M/F 0,008		42/58	86/ 14	100/0
- IMC (kg/m2) NS	22,8±1	23,1±0,9	22,6±1	
Antécédents				
- HTA	1	1	0	
- Diabète	1	0	1	
- Dysthyroïdie	1	0	1	
Type d'admission NS				
- urgences (%)	25	15	33	
- neurologie(%)	75	85	57	
Imunoglobuline NS	100		100	100

- **La mesure moyenne de la CV est :**
 - 18ml/kg ± 5 à la spirométrie
- **La mesure moyenne de l'excursion diaphragmatique est de**
 - 22mm±6 à l'échographie

- **Corrélation entre la CV mesurée par spiromètre et l'amplitude de l'inspiration profonde à l'échographie**

- $r = 0,43, p = 0,04$ TABLEAU 4

Tableau 4 : corrélation entre la CV et l'amplitude de l'inspiration profonde à l'échographie

	Globale N=12	P
CORRELATION 0,04		r = 0,43
•	CAPACITE VITAL (ml/kg)	18 ± 5
•	EDEmax(mm)	22 ± 6

Evolution des malades (Tableau 5) .

- **Huit malades ont été intubés**
- CV inférieure à 10ml/min et EDEmax inférieure à 10mm.
- **Quatre malades non intubés :**
- 2 GB et 2myastheniques.
- CV supérieure à 20 ml/min et EDEmax supérieure à 25mm.

- Ces malades ont été surveillés en réanimation pendant 7 jours sans recours à l'intubation et transférés en neurologie après traitement par les immunoglobulines pendant 5 jours

- **La durée de ventilation mécanique moyenne :**

- 7j pour les myasthéniques

- 25j pour les Guillain-Barré

Tableau 5 : Evolution des malades au niveau de la réanimation

	globale N=12	gb N=6	myasth N=6
Non intubé	4	2	2
Intubation	8	4	4
Durée ventilation	17	25	7
Pneumopathie	8	4	4
Choc septique	2	1	1
IR	2	1	1
Trachéotomie	6	4	2
Durée du séjour en réanimation	20	30	10
Décès	0		

En résumé

-Notre étude montre alors une

Corrélation positive modérée mais significative entre la CV mesurée par spiromètre et l'amplitude de l'inspiration profonde à l'échographie (course diaphragmatique) (**r = 0,43, p = 0,04**).

4-Discussion

A-Corrélation entre l'échographie et l'EFR

a-Sujet sain

Chez le sujet normal, de nombreux auteurs retrouvent une corrélation positive entre la mesure échographique de l'amplitude diaphragmatique et la capacité inspiratoire (CI). Pour Targhetta et Al ,cette corrélation est rapportée avec la capacité vitale forcée (CVF) et le volume inspiratoire maximal seconde (VIMS) lorsque l'amplitude diaphragmatique est rapportée au poids (mm par kilogramme) mais pas avec le VEMS [38]. Scott et al contestent la corrélation entre EFR et mesure échographique de l'amplitude diaphragmatique [6] [55]. Ces discordances apparaissent liées à la position du patient d'après Houston JG et al : le décubitus dorsal semble en effet déterminant pour que cette corrélation soit retrouvée [6].

Tableau 6: Sujets témoins, comparaison des moyennes spirométriques (CVL, VEMS, VIMS) et Echographiques (AmCVL, AEMS, AIMS) avant et après beta-2.

	Spirométrie			Échographie		
	CVL	VEMS	VIMS	AmCVL	AEMS	AIMS
Moyenne avant bêta ± DS	3,7 ± 0,9	3,7 ± 0,8	3,7 ± 0,7	75,0 ± 10,0	62,4 ± 9,8	68,0 ± 7,9
Moyenne après bêta ± DS	3,9 ± 0,8	3,6 ± 0,9	3,4 ± 0,6	76,0 ± 11,0	61,0 ± 8,5	68,0 ± 7,8
Signification	NS	NS	NS	NS	NS	NS

CVL. VEMS.VIMS sont exprimés en litres. AmCVL : course diaphragmatique en mm correspondant à la capacité vitale lente ; AEMS, AIMS : amplitude expiratoire maximale à la première seconde et amplitude inspiratoire maximale seconde de la course diaphragmatique droite en mm.

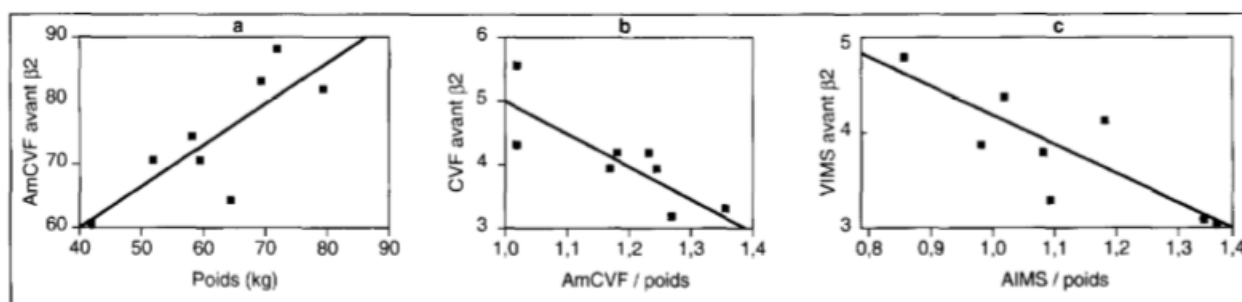


Figure 9 : Corrélations entre les valeurs spirométriques et les mesures échographiques du diaphragme droit chez les sujets normaux avant bêta-2. a : corrélation entre l'amplitude (en mm) de la course diaphragmatique et la capacité vitale forcée et le poids. b : corrélation entre la capacité vitale forcée et l'amplitude diaphragmatique rapportée au poids. c : corrélation entre le volume inspiratoire maximal durant la première seconde (VIMS) et l'amplitude diaphragmatique correspondante divisée par le poids (AIMS/poids). [38]

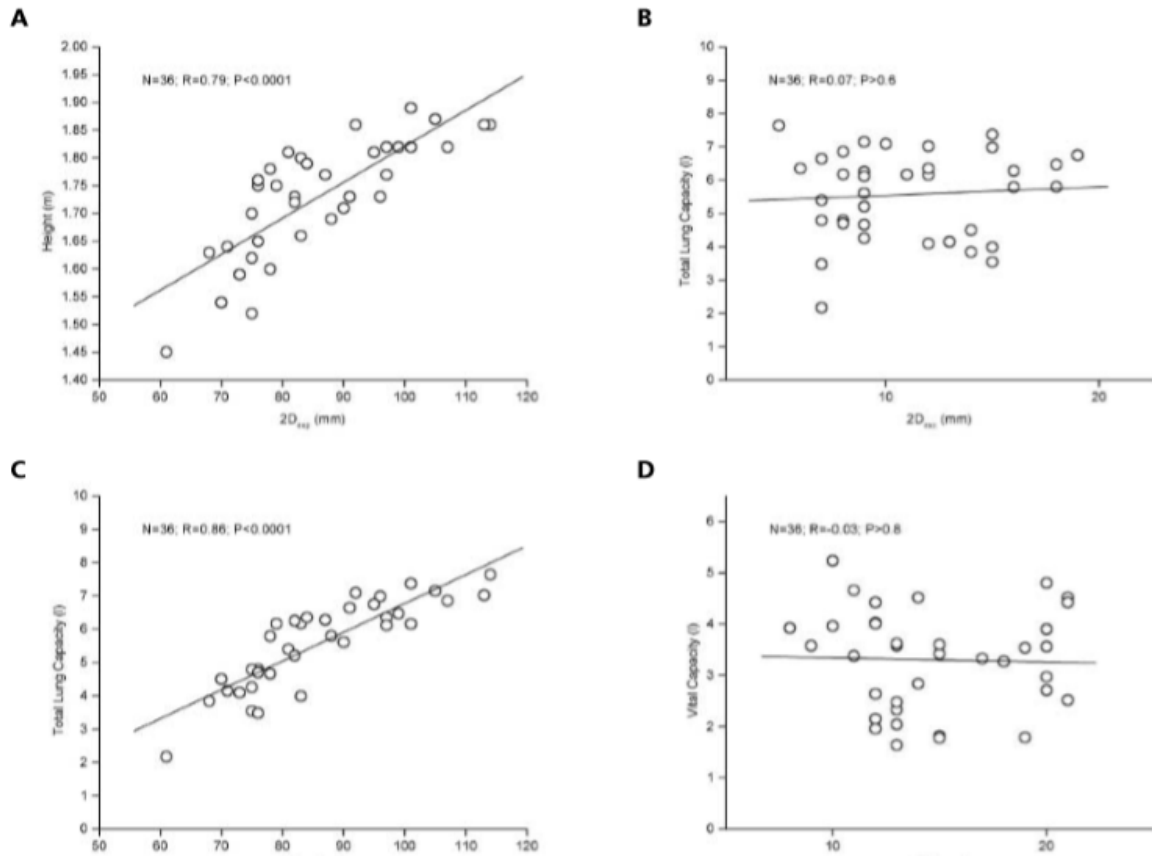


Figure 10: A et C, Relation entre la position du diaphragme à l'expiration finale (exp) avec la hauteur (A) et le TLC (C). B, il n'y a pas de relation significative entre l'excursion (exc) du diaphragme mesurée à partir d'une imagerie ultrasonographique 2D et le TLC. D, absence similaire d'association entre une mesure du mouvement du diaphragme en mode M et le CV (sexe, excursion du diaphragme mesurée par le mode M lors d'un renflement volontaire). [55]

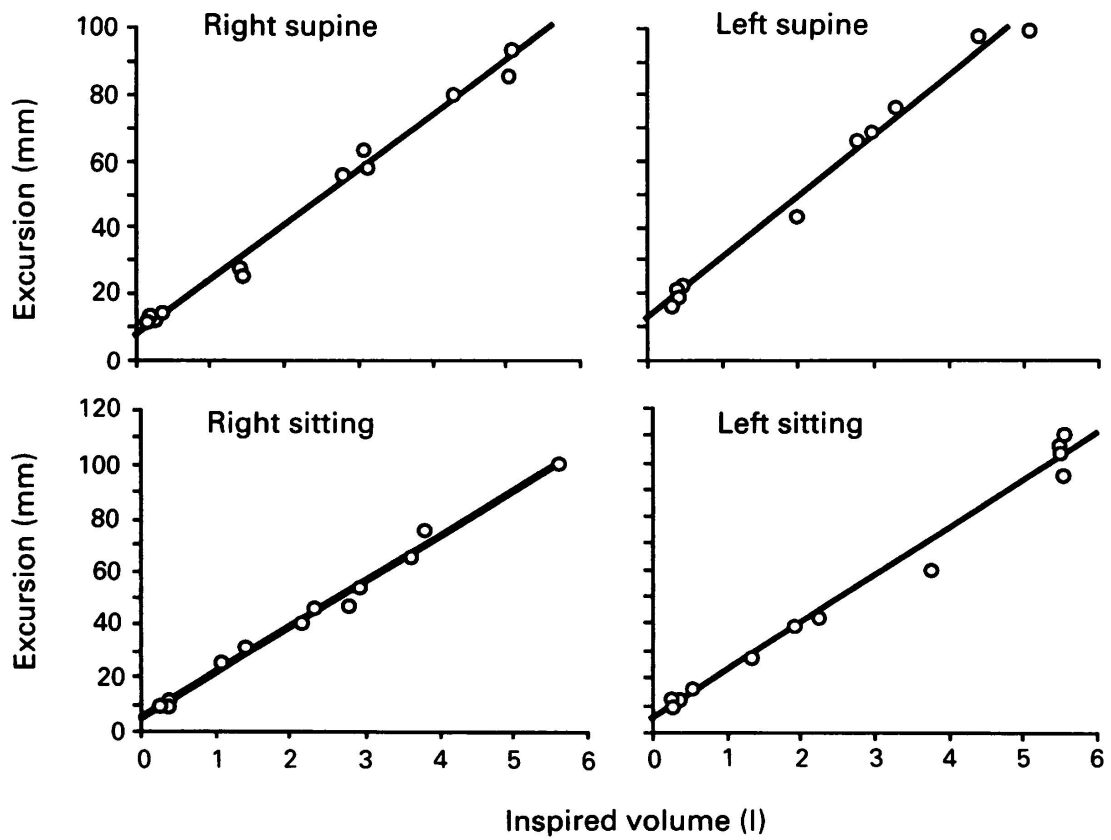


Figure 11 : Relation entre l'excursion hémidiaphragmatique et du volume inspiré chez un sujet. [6]

b-En situation pathologique

La corrélation entre l'amplitude diaphragmatique et les EFR dans les situations pathologiques n'apparaît pas déterminante pour beaucoup [48][55][68][69] en raison du rôle des muscles respiratoires accessoires [70][57], du point de départ de l'inspiration [71], du point de départ de l'expiration [57] [7] [72], du poids, de la taille, de la position et de la condition physique du patient et enfin, du type de pathologie respiratoire. Ainsi, la sensibilité de l'échographie diaphragmatique doit être meilleure dans les pathologies restrictives liées à une insuffisance globale des muscles respiratoires comme les pathologies neuromusculaires préexistantes ou acquises par rapport aux insuffisances respiratoires chroniques obstructive telle que la BPCO où il y a participation des muscles accessoires.

1/ Les pathologies respiratoires restrictives

Une étude sur 63 patients atteints de pathologie neuromusculaire [9] a trouvé une corrélation significative entre l'EDEmax et la CVF en litres ($r = 0.68$ [0.46 – 0.90], $p < 0.0001$). Un seuil d'EDEmax $\leq 5,5$ cm avait une sensibilité de 100% [66 – 100%] et une spécificité de 69% [52 – 84%] pour prédire une CVF ≤ 50 %.

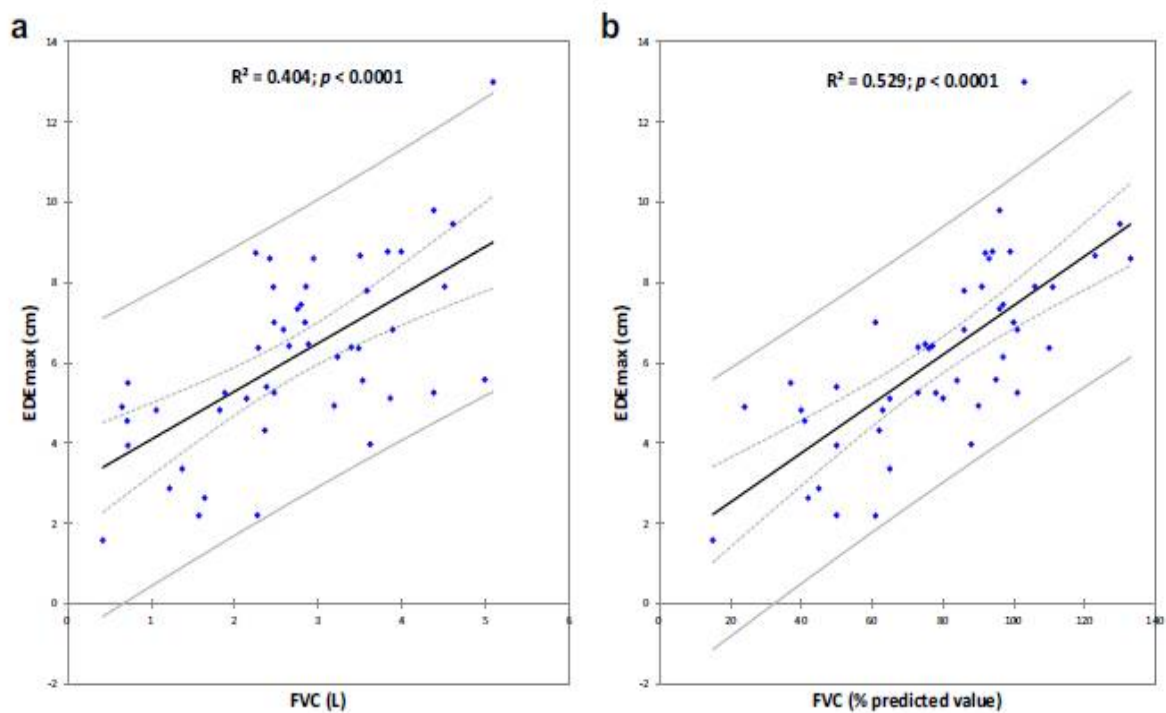


Figure 12: Régression linéaire entre (a) EDEmax et CVF exprimée en L ($R^2 = 0,404$, $p < 0,0001$) et entre (b) EDEmax et FVC exprimée en pourcentage des valeurs prédites ($R^2 = 0,529$, $p < 0,0001$). [9]

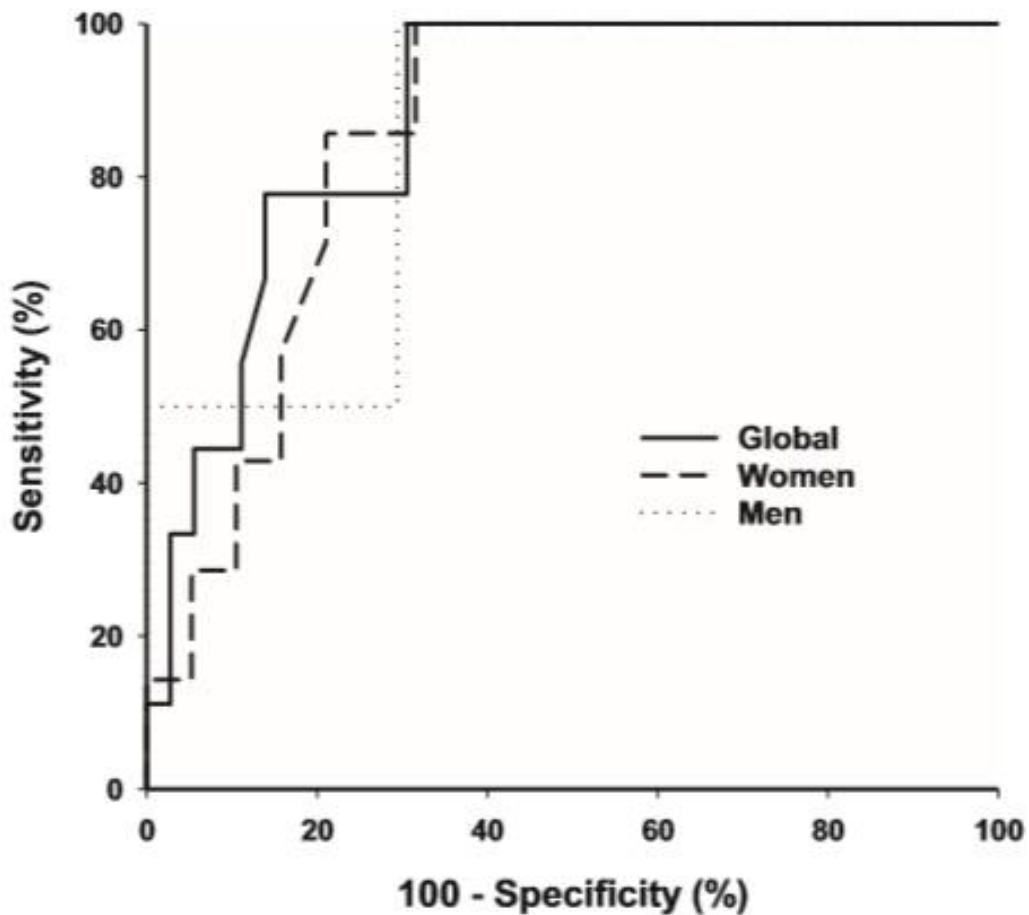


Figure 13 : Caractéristique de fonctionnement du récepteur montrant la capacité de EDEmax pour prédire une CVF <50% des valeurs prédites. Comparaison entre la population totale (n = 45; aire sous la courbe = 0,878 [0,746-0,957]; meilleure valeur seuil EDEmax ≤ 5,5 cm), mâle (n = 19, aire sous la courbe 5 0,853 [-0,617- 0,971 meilleure valeur de coupure EDEmax ≤ 5,4 cm) et femelle (n = 26; aire sous la courbe 5 0,853 [0,660-0,960]; meilleure valeur de coupure EDEmax ≤ 5,5 cm) n'a montré aucune différence significative. [9]

Les patients porteurs de sclérose latérale amyotrophique ont une corrélation entre l'épaisseur de leur diaphragme en fin d'inspiration et d'expiration forcée et de leur rapport d'épaississement avec les EFR dès que leur CV est inférieure à 80 % de la théorique.

Tableau 7: Corrélations entre l'épaisseur du diaphragme et les fonctions respiratoires. [53]

	Coefficient	<i>p</i>
(A) Maximum diaphragm thickness during deep breathing (DTmax)		
%VC	0.5367	<0.001
FEV1/FVC	0.0263	0.8903
PaO ₂	0.3204	0.2099
PaCO ₂	-0.6581	<0.01
HCO ₃₋	-0.5855	<0.05
(B) Minimum diaphragm thickness at end expiratory position (DTmin)		
%VC	0.3533	<0.05
FEV1/FVC	-0.0787	0.6792
PaO ₂	0.2344	0.3653
PaCO ₂	-0.4859	<0.05
HCO ₃₋	-0.4624	0.0713
(C) Thickening ratio (TR)		
%VC	0.6501	<0.0001
FEV1/FVC	0.0541	0.7765
PaO ₂	0.2525	0.3283
PaCO ₂	-0.6618	<0.01
HCO ₃₋	-0.6475	<0.01

Au cours de l'hémiplégie, une corrélation de l'amplitude diaphragmatique avec la CVF et le VEMS a pu être objectivée en respiration profonde en cas d'hémiplégie droite et gauche, en position allongée pour certains auteurs ou uniquement en cas d'hémiplégie gauche lorsque le patient est en position assise [67].

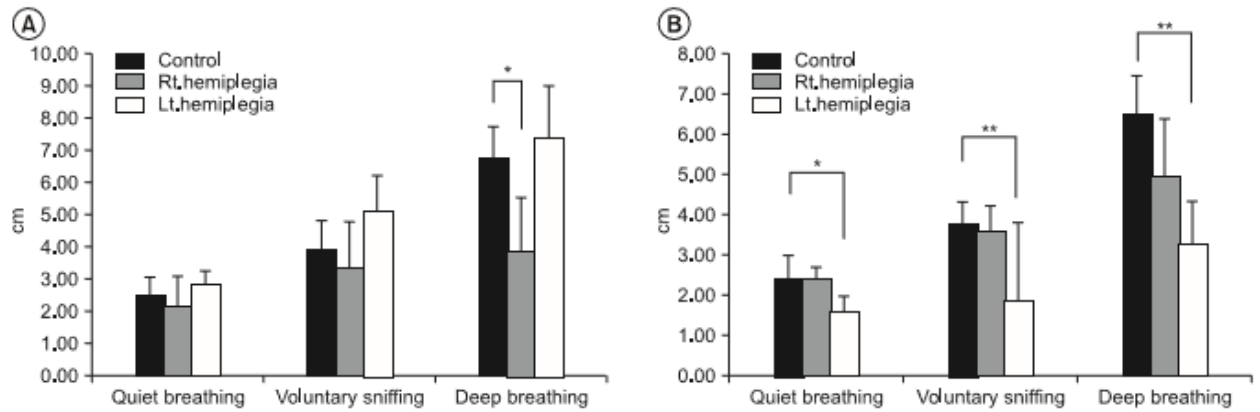


Figure 14: (A) Excursion diaphragmatique droite chez les sujets témoins et les patients victimes d'un AVC hémiplégique droit et gauche. (B) Excursion diaphragmatique gauche chez les sujets témoins et les patients victimes d'un AVC hémiplégique droit et gauche. * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$. [67]

Tableau 8: Excursion diaphragmatique droite chez les sujets témoins et les patients hémiplégiques droits et gauches (unité, cm) [67]

	Control subjects	Right-hemiplegic patients	Left-hemiplegic patients
Quiet breathing	2.53±0.55	2.21±0.90	2.86±0.43
Voluntary sniffing	3.93±0.90	3.39±1.41	5.12±1.08
Deep breathing	6.75±0.95	3.90±1.64*	7.38±1.59

Les valeurs sont présentées sous forme de moyenne \pm écart type. * $p < 0,05$.

Tableau 9: Excursion diaphragmatique gauche chez les sujets témoins et les patients hémiplégiques droits et gauches (unité, cm) [67]

	Control subjects	Right-hemiplegic patients	Left-hemiplegic patients
Quiet breathing	2.39±0.59	2.36±0.35	1.59±0.37*
Voluntary sniffing	3.78±0.52	3.57±0.64	1.83±1.97**
Deep breathing	6.47±0.96	4.90±1.46	3.23±1.08**

Les valeurs sont présentées sous forme de moyenne \pm écart type. * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$.

Au cours de la chirurgie abdominale, Kim SH et al ont trouvés que la diminution de l'amplitude diaphragmatique postopératoire est corrélée à la diminution de la capacité inspiratoire (CI) et de la CV. Une amplitude inférieure à 2,41 cm a pu être associée à une diminution de la CV à 50 % de la théorique. [30]

Tableau 10: Variables spirométriques et sonographiques avant et après la lobectomie du foie [30]

	Preoperative value	POD 1	POD 2	POD 7
Spirometry				
VC (l)	3.52 (0.9)	1.51 (0.5)*†	1.60 (0.5)*†	2.63 (0.6)*
FEV ₁ (l)	3.04 (0.9)	1.43 (0.5)*†	1.45 (0.5)*†	2.29 (0.6)*
PEFR (l)	6.98 (2.3)	3.59 (1.7)*†	3.26 (1.5)*†	5.76 (2.0)*
FEV ₁ /FVC (%)	84.0 (7.8)	88.5 (10.1)	86.7 (9.1)	86.0 (9.0)
Tidal volume (l)	0.63 (0.3)	0.43 (0.2)*	0.51 (0.2)‡	0.58 (0.3)
Sonography				
DIA (quiet, cm)	1.61 (0.5)	0.99 (0.3)*†	1.13 (0.3)*	1.36 (0.3)*
DIA (deep, cm)	5.18 (1.4)	1.97 (0.9)*†	2.37 (1.0)*†	3.67 (1.0)*
DIA (sniff, cm)	1.76 (0.4)	1.11 (0.3)*†	1.12 (0.3)*†	1.39 (0.4)*

Les données sont exprimées en moyennes (SD). VC = capacité vitale ; VEMS = volume expiratoire maximal en 1 s ; CVF = capacité vitale forcée ; Débit expiratoire de pointe PEFR ; DIA = amplitude inspiratoire diaphragmatique ; POD = jour postopératoire.

* P <0,001 par rapport à la valeur préopératoire ; † P <0,001 entre le POD 7 et le POD 1, 2; ‡ P = 0,013 par rapport à la valeur préopératoire.

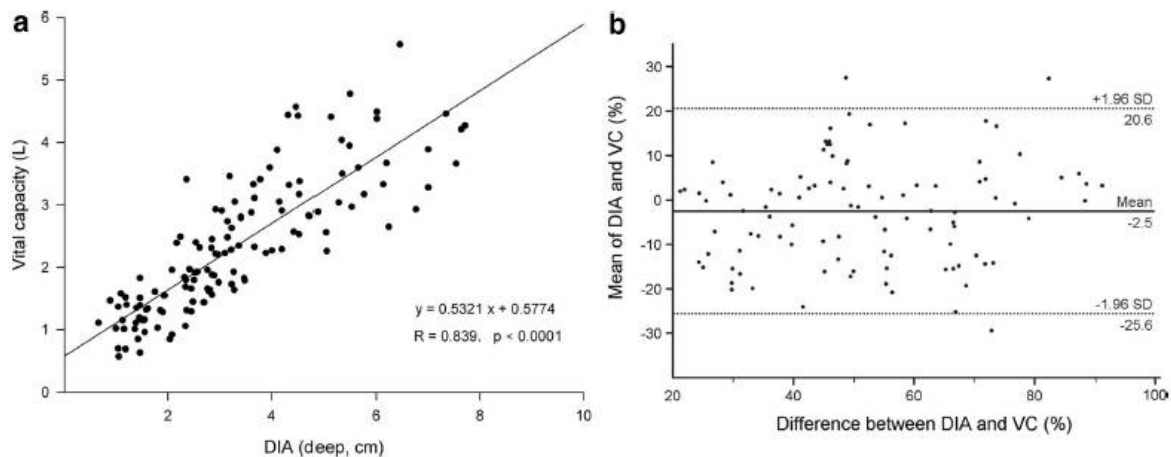


Figure 15: a. Graphique de régression linéaire: comparaison de la capacité vitale (VC) mesurée par spirométrie et amplitude inspiratoire diaphragmatique (DIA) mesurée par échographie en mode M pendant la respiration profonde (r 0,839, P 0,0001). b, tracé de Bland-Altman: comparaison du CV mesuré par spirométrie et du DIA mesuré par échographie en mode M pendant la respiration profonde. Les valeurs sont exprimées sous forme de changements de pourcentage par rapport à la valeur de base. [30]

2/ Les pathologies respiratoires obstructives

Dans la BPCO, l'étude de Kang HW et al a objectivé une corrélation positive avec le VEMS, la CVF et le rapport volume résiduel/capacité pulmonaire totale (VR/CPT) et une corrélation négative avec la PaCO₂ et non pas avec la PaO₂. Pour Dos Santos Yamaguti et al [67], la corrélation est retrouvée avec le VR, de façon plus faible avec le VEMS, la CVF et le rapport VR/CPT. Il ne retrouve pas de corrélation avec la force musculaire mesurée par PI max et pression expiratoire maximale (PE max)[67].

Tableau 11: Corrélation entre la mobilité du diaphragme et les variables de la fonction pulmonaire [73]

Variables	Linear correlation coefficient (<i>r</i> -value)	<i>P</i> value
FEV ₁ (% predicted)	0.415	0.011
FVC (% predicted)	0.302	0.029
FEV ₁ /FVC ratio (%)	0.233	0.166
RV (% predicted)	-0.501	0.021
TLC (% predicted)	-0.281	0.030
RV/TLC (%)	-0.527	0.001
MVV (L/min)	0.481	0.003

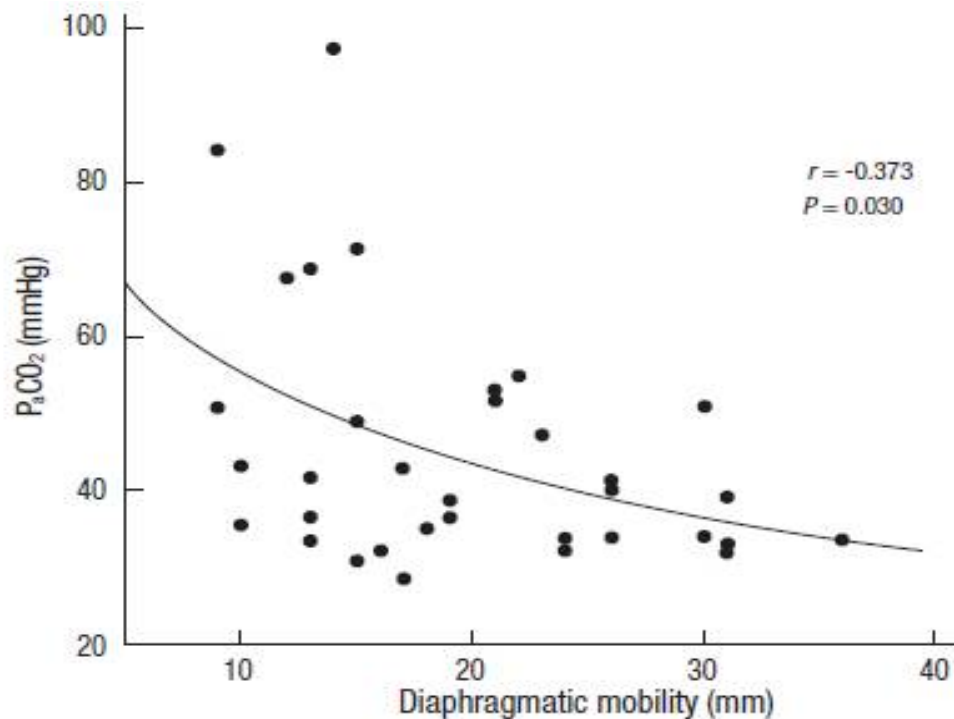


Figure 16: La relation entre la mobilité diaphragmatique et la PaCO₂. Il y avait une corrélation linéaire négative entre les deux mesures ($r = -0,373$, $P = 0,030$). PaCO₂, tension artérielle de dioxyde de carbone. [73]

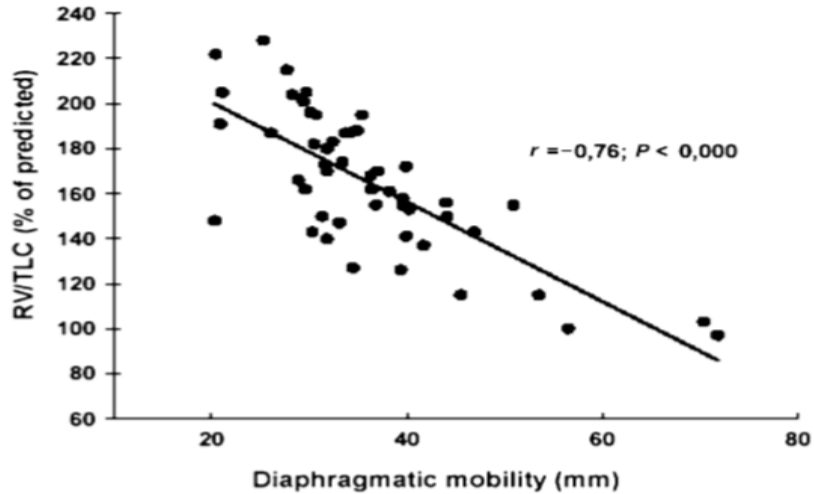


Figure 17: Relation entre la mesure par ultrasons du déplacement cranio-caudal de la branche gauche de la veine porte et le rapport RV / CCM (% de la valeur prédite). Il existait une corrélation linéaire négative entre les deux mesures ($r = -0,76$; $P < 0,001$). [74]

Tableau 12: Variables fonctionnelles pulmonaires et pressions respiratoires maximales: corrélations avec la mobilité du diaphragme [74]

	Mean \pm SD (% of predicted)	Linear correlation coefficient (<i>r</i> -value)	<i>P</i> -value
FEV ₁	49.5 \pm 18.0	0.55	<0.001
FVC	82.6 \pm 21.7	0.60	<0.001
MVV	49.3 \pm 20.6	0.63	<0.001
RV	235.5 \pm 58.5	-0.60	<0.001
TLC	140.3 \pm 15.8	-0.28	0.043
RV/TLC	165.2 \pm 31.4	-0.76	<0.001
ERV	73.6 \pm 43.2	0.43	0.001
IC	94.8 \pm 21.6	0.41	0.002
IC/TLC	0.68 \pm 0.16	0.55	<0.001
Raw (cmH ₂ O/L/s)	4.43 \pm 2.77	-0.32	0.02
MIP	101.8 \pm 25.9	-0.11	0.43
MEP	127.5 \pm 30.4	0.03	0.80

VRE, **VR** expiratoire; **IC**, capacité inspiratoire; **MEP**, pression expiratoire maximale; **MIP**, pression inspiratoire maximale; **MVV**, ventilation volontaire maximale; **Raw**, résistance des voies respiratoires.

Chez les asthmatiques, Targhetta R et Al ont montré une corrélation entre l'amplitude diaphragmatique, la CVF, le VIMS et le VEMS avant bêta-2 mimétiques. Après bêta-2 mimétiques, la corrélation persiste pour la CVF et le VIMS mais disparaît avec le VEMS, probablement parce que le diaphragme retrouve le même comportement que le sujet sain. Que ce soit avant ou après bêta-2 mimétiques, aucune corrélation n'est retrouvée entre l'amplitude diaphragmatique rapportée au poids et la CVF, le VIMS et le VEMS [75].

Tableau 13: Sujets asthmatiques, comparaison des moyennes spirométriques (CVL, VEMS, VIMS) et échographiques correspondantes (AmCVL, AEMS, AIMS) avant et après bêta-2.

	<i>Spirométrie</i>			<i>Échographie</i>		
	<i>CVL</i>	<i>VEMS</i>	<i>VIMS</i>	<i>AmCVL</i>	<i>AEMS</i>	<i>AIMS</i>
Moyenne avant bêta ± DS	3,2 ± 1,1	1,98 ± 0,72	2,8 ± 1,1	55,8 ± 12,9	39,6 ± 13,5	50,0 ± 16,6
Moyenne après bêta ± DS	3,4 ± 0,9	2,66 ± 0,99	2,9 ± 1,3	62,2 ± 16,2	49,4 ± 16,0	56,5 ± 22,6
Signification	NS	<i>p</i> < 0,01	NS	NS	<i>p</i> < 0,04	NS

CVL, VEMS, VIMS sont exprimés en litres. AmCVL : course diaphragmatique en mm correspondant à la capacité vitale lente ; AEMS, AIMS : amplitude expiratoire maximale à la première seconde et amplitude inspiratoire maximale seconde de la course diaphragmatique droite en mm.

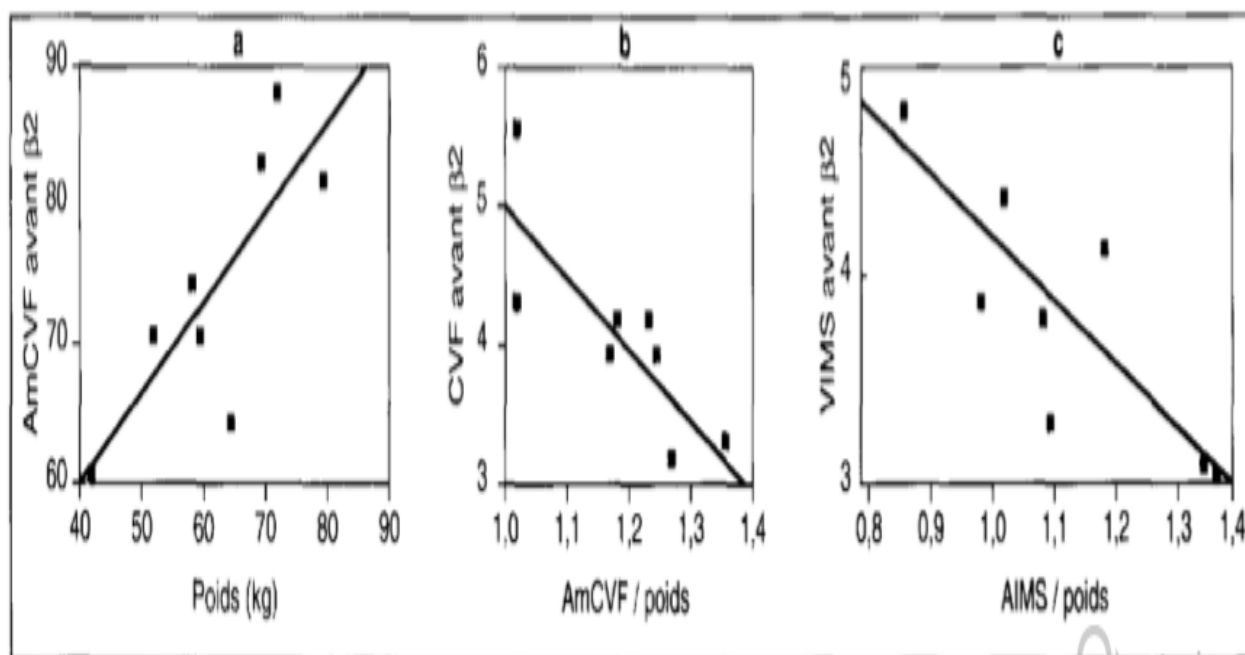


Figure 18: Corrélations entre les valeurs spirométriques et les mesures échographiques du diaphragme droit chez les sujets asthmatiques. a : corrélation entre la capacité vitale forcée (CVF en litres) et l'amplitude de la course diaphragmatique correspondante (AmCVF en mm), avant salbutamol. b : corrélation significative entre le volume expiratoire maximal durant la première seconde (VEMS en litres) et l'amplitude diaphragmatique correspondante (AEMS en mm) avant salbutamol. c : corrélation non retrouvée après salbutamol. [38]

B-Limites de notre étude

Nous avons choisi d'utiliser des méthodes antérieures sous-costales avec le mode M. En utilisant cette approche américaine fiable et reproductible, la position du patient, le placement de la sonde et les manœuvres de compression, les mesures peuvent augmenter la pression intra-abdominale et donc réduire les volumes respiratoires. La principale limite de cette approche est la difficulté d'évaluer l'hémi-diaphragme gauche. Comme chaque hémi-diaphragme peut fonctionner de manière indépendante, nos résultats ne peuvent pas être extrapolés à des patients présentant une faiblesse ou une paralysie diaphragmatique unilatérale. Enfin, nous avons comparé l'excursion diaphragmatique échographique avec CVF sans autres mesures spirométriques comme la pression inspiratoire maximale et le sniff test. Une étude antérieure chez les Guillain-Barré et les myasthéniques a trouvé que la pression inspiratoire maximale ne semble pas être plus sensible que CVF pour la détection précoce d'échec du muscle respiratoire chez ces patients hospitalisés dans des unités de soins intensifs (USI). Notre nombre limité de patients était insuffisant pour fournir les valeurs d'EDEmax basées sur le sexe, l'âge et l'anthropométrie qui sont corrélées aux valeurs de CVF théoriques. Enfin, notre étude a évalué la fonction respiratoire altérée dans une population non sélectionnée de maladies neuromusculaires différentes qui partagent le même système respiratoire (sgb et myasth).



F- Conclusion

Notre étude montre même à faible échantillon que l'échographie peut être utile au suivi des patients atteints de pathologies neuromusculaires en complément ou en remplacement de la spirométrie pour l'étude du diaphragme et l'indication de l'intubation et la ventilation. Des études méthodologiquement rigoureuses sont nécessaires pour confirmer ces résultats.



RESUME

Titre : Evaluation par échographie diaphragmatique de la ventilation chez les malades présentant une paralysie neuromusculaire.

Auteur : Sayarh Salma

Rapporteur : Pr Maazouzi Wajdi

Mots clés : Echographie diaphragmatique-ventilation – paralysie neuromusculaire

Introduction : L'évaluation de la fonction respiratoire des patients atteints de pathologies neuromusculaires repose sur des mesures répétées de capacités vitales forcées (CVF) par méthode spirométrique. L'objectif de cette étude est de trouver une corrélation entre l'excursion diaphragmatique mesurée par échographie et les volumes respiratoires mesurés par spirométrie pour l'indication de la ventilation mécanique chez les patients atteints de pathologies neuromusculaires.

Matériel et méthode : Nous rapportons les cas de 12 malades (06 myasthéniques et 06 Guillain-barré) sur une période de 1 an de Juillet 2017 à Juin 2018, ont été admis en réanimation non encore intubés.

Résultats : La mesure moyenne de la CV était de 18ml/kg \pm 5 correspondant à 22mm \pm 6 en course diaphragmatique moyenne. Quatre malades ont été surveillés pendant 7 jours sans recours à l'intubation (2 GB et 2myasthenique). Huit malades ont été intubés ayant une CVF inférieure à 10ml/kg et une excursion diaphragmatique inférieure à 10mm.

L'étude de corrélation retrouve des corrélations positives significatives entre la CVF mesurée et l'amplitude de respiration profonde à l'échographie ($r = 0,43$, $p = 0,04$).

Discussion : Peu de travaux de la littérature se sont intéressés à la corrélation entre la course diaphragmatique mesurée par échographie et la CV mesurée par spirométrie.

Notre étude vient conforter ces résultats en confirmant la relation linéaire entre la baisse de la course diaphragmatique et la diminution de la capacité vitale spirométrique.

Conclusion : L'échographie peut être utile au suivi des patients atteints de pathologies neuromusculaires en complément ou en remplacement de la spirométrie pour l'étude du diaphragme et l'indication de l'intubation et la ventilation.

ABSTRACT

Title: Diaphragmatic ultrasound's evaluation of ventilation in patients with neuromuscular paralysis.

Author: Sayarh Salma

Reporter: Pr Maazouzi Wajdi

Key words: Diaphragmatic ultrasound-ventilation - neuromuscular paralysis

Introduction: The evaluation of the respiratory function of patients with neuromuscular disorders is based on repeated measures of forced vital capacity (FVC) by the spirometry method. The objective of this study is to find a correlation between the diaphragmatic excursion measured by ultrasound and the respiratory volumes measured by spirometry to indicate the mechanical ventilation for patients with neuromuscular pathologies.

Material and method: We are reporting the cases of 12 patients (06 myasthenic and 06 Guillain-barred) over a period of 1 year from April 2017 to April 2018, who were admitted in ICU in respiratory distress and not yet intubated.

Results: The mean CV measurement was $18\text{ml / kg} \pm 5$ corresponding to $22\text{mm} \pm 6$ in diaphragmatic course. Four patients have been monitored for 7 days without having to perform intubation (2 GB and 2 myasth). Eight patients have been intubated having an FVC lower than 10ml/kg and a diaphragmatic excursion lower than 10mm .

The correlation study finds significant positive correlations between the measured FVC and the deep breathing amplitude on ultrasound ($r = 0.43$, $p = 0.04$).

Discussion: Few studies in the literature have been interested in the correlation between the diaphragmatic stroke measured by ultrasound and the CV measured by spirometry..

Our study comes to reinforce these results, by confirming the linear relationship between the decrease of the diaphragmatic stroke and the decrease of the spirometric vital capacity.

Conclusion: Ultrasound can be useful for the follow-up of patients with neuromuscular disorders as a complement or as a replacement of the spirometry, in order to study the diaphragm and to give the indication for the intubation and the mechanical ventilation.

ملخص

العنوان: تقييم الحاجة للتهوية بالموجات فوق الصوتية للمرضى الذين يعانون من الشلل العصبي العضلي.

المؤلف: سلمى الصايغ

مراسل الأطروحة: ذ. معزوزي وجدي

الكلمات الرئيسية: الموجات فوق الصوتية - التهوية - الشلل العصبي العضلي.

مقدمة:

يعتمد تقييم وظيفة الجهاز التنفسي للمرضى الذين يعانون من اضطرابات عصبية عضلية على قياسات متكررة للقدرات الحيوية القسرية (FVC) عن طريق قياس التنفس ، والهدف من هذه الدراسة هو إيجاد علاقة بين الرحلة الحجابية المقاسة بواسطة الموجات فوق الصوتية و أحجام التنفس باستعمال تقنية قياس التنفس، للإشارة إلى التهوية الميكانيكية عند المرضى الذين يعانون من اضطرابات عصبية عضلية.

المواد والطرق:

أبلغنا عن حالات 12 مريضا (06 الوهن العضلي و 06 غويلالين بارريس) خلال فترة سنة واحدة من يوليو 2017 إلى يونيو 2018، تم قبولها في وحدة العناية المركزة لم يتم تنبيبها بعد. استفاد جميع المرضى من قياس التنفس لقياس القدرة الحيوية، والموجات فوق الصوتية القبلية لقياس الرحلة الحجابية بطريقة M في الراحة وفي التنفس القسري.

النتائج:

كان قياس السعة الحيوية 18 مل / كغ ± 5 مقابل 22 مم ± 6 في رحلة الحجاب الحاجز. تم رصد أربعة مرضى لمدة 7 أيام دون التنبيب (2 الوهن العضلي و 2 غويلالين بارريس). ثمانية من المرضى تم تنبيبهم لديهم FVC أقل من 10 مل/كغ ورحلة حجابية أقل من 10م.

وجدت دراسة الارتباط علاقة موجبة معنوية بين قياس FVC و وسع التنفس العميق على الموجات فوق الصوتية (ر = 0.43 ، $p = 0.04$).

المناقشة:

اهتمت دراسات قليلة من الأدب بالعلاقة بين سباق الحجاب الحاجز المقاسة بواسطة الموجات فوق الصوتية والقدرة الحيوية التي يتم قياسها بواسطة قياس التنفس.

وتعزز دراستنا هذه النتائج من خلال تأكيد العلاقة الخطية بين انخفاض رحلة الحجاب الحاجز وانخفاض القدرة الحيوية لقياس التنفس.

الخلاصة:

يمكن أن تكون الموجات فوق الصوتية مفيدة لرصد المرضى الذين يعانون من اضطرابات عصبية عضلية كإضافة أو كاستبدال لتقنية قياس التنفس من أجل دراسة الحجاب الحاجز ودواعي استعمال التنبيب والتهوية.



***Références
bibliographiques***

- [1] **Lahlaidi A.** Anatomie topographique trilingue. Membres, Thorax, Abdomen : Volume 1.
- [2] **McCool FD, Tzelepis GE.** Dysfunction of the diaphragm. *N Engl J Med* 2012;366:932—42.
- [3] **Lerolle, N Guérot E, Dimassi S, Zegdi R, Faisy C, Fagon JY, Diehl JL** Ultrasonographic diagnostic criterion for severe diaphragmatic dysfunction after cardiac surgery. *Chest*, 2009. 135(2): p. 401-7.
- [4] **American Thoracic Society/European Respiratory Society, ATS/ERS** Statement on respiratory muscle testing. *Am J Respir Crit Care Med*, 2002. 166(4):p. 518-624.
- [5] **Takazakura, R, Takahashi M, Nitta N, Sawai S, Tezuka N, Fujino S, Murata K.,** Assessment of diaphragmatic motion after lung resection using magnetic resonance imaging. *Radiat Med*, 2007. 25(4): p. 155-63.
- [6] **Houston, J.G, Angus RM, Cowan MD, McMillan NC, Thomson NC.** Ultrasound assessment of normal hemidiaphragmatic movement: relation to inspiratory volume. *Thorax*, 1994. 49(5): p. 500-3.
- [7] **Summerhill, E.M, El-Sameed YA, Glidden TJ, McCool FD.** Monitoring recovery from diaphragm paralysis with ultrasound. *Chest*, 2008. 133(3): p. 737-43.
- [8] **Brochard L, Thille AW.** What is the proper approach to liberating the weak from mechanical ventilation? *Crit Care Med* 2009;37: S410–S415.
- [9] **Carrie C.** vital capacity impairment due to neuromuscular disease And its correlation with diaphragmatic ultrasound: A preliminary study ultrasound in med. & biol., vol. 42, no. 1, pp. 143–149, 2016

- [10] **Mead J.** Functional significance of the area of apposition of diaphragm to rib cage. *Am Rev Respir Dis.* 1979;119(2 Pt 2):31–2.
- [11] **Mead J, Loring SH.** Analysis of volume displacement and length changes of the diaphragm during breathing. *J Appl Physiol.* 1982;53(3):750–5.
- [12] **De Troyer A, Boriek AM.** Mechanics of the Respiratory Muscles. In: *Comprehensive Physiology.* John Wiley & Sons, Inc.; 2011.
- [13] **Troyer AD, Wilson TA.** Mechanism of the increased rib cage expansion produced by the diaphragm with abdominal support. *J Appl Physiol.* 2015;118(8):989–95.
- [14] **Troyer AD.** Respiratory effect of the lower rib displacement produced by the diaphragm. *J Appl Physiol.* 2012;112(4):529–34.
- [15] **Cassart M, Pettiaux N, Gevenois PA, Paiva M, Estenne M.** Effect of chronic hyperinflation on diaphragm length and surface area. *Am J Respir Crit Care Med.* 1997;156(2):504–8.
- [16] **Thurlbeck WM.** Diaphragm and body weight in emphysema. *Thorax.* 1978;33(4):483–7.
- [17] **Sharshar T, Chevret S, Bourdain F, Raphaël J-C,** French Cooperative Group on PlasmaExchange in Guillain-Barré Syndrome. Early predictors of mechanical ventilation in Guillain- Barré syndrome. *Crit Care Med.* 2003;31:278-83.
- [18] **Durand M-C, Porcher R, Orlikowski D, Aboab J, Devaux C, Clair B, et al.**
Clinical and electrophysiological predictors of respiratory failure in Guillain-Barré syndrome: a prospective study. *Lancet Neurol.* 2006;5:1021-8 .

- [19] **Walgaard C, Lingsma HF, Ruts L, Drenthen J, van Koningsveld R, GarssenMJP, et al.** Prediction of respiratory insufficiency in Guillain-Barré syndrome. *Ann Neurol.* ,2010;67:781-7.
- [20] **Chevrolet JC, Deléamont P.** Repeated vital capacity measurements as predictive parameters for mechanical ventilation need and weaning success in the Guillain-Barré syndrome. *Am Rev Respir Dis.* 1991;144:814-8.
- [21] **Lawn ND, Fletcher DD, Henderson RD, Wolter TD, Wijdicks EF.** Anticipating mechanical ventilation in Guillain-Barré syndrome. *Arch Neurol.* 2001;58:893-8.
- [22] **Gajdos P, Clair B.** Prise en charge de la crise myasthénique. In: Gajdos P, Loh L, editors. *Réanimation et Neurologie.* Paris: ArnetteBlackwell; 1995. p. 289–306.
- [23] **Fitting JW, Chevrolet JC.** Défaillances respiratoires aiguës d'origine neuromusculaire. *Rev Mal Respir* 1999;16:475–85.
- [24] **Mayer AM.** Intensive care of the myasthenic patient. *Neurology* 1997;48(Suppl 4):S70–5
- [25] **Fourrier F, Galet A, Lestavel P, Rime A, Fourrier L, Vanhoove S.** Insuffisance respiratoire aiguë neuro-musculaire. Valeur prédictive de la spirométrie répétée. *Réan Soins Intens Med Urg* 1990;6:453–8.
- [26] **Rieder P, Louis M, Jolliet P, Chevrolet JC.** The repeated measurement of vital capacity is a poor predictor of the need for mechanical ventilation in myasthenia gravis. *Intensive Care Med* 1995;21:663–8.

- [27] **Fourrier F.** Défaillance respiratoire aiguë des affections neuromusculaires périphériques. In: *Actualités en réanimation et urgences*. Paris: Elsevier Ed; 2000. p. 110–26.
- [28] **Haber, K., M. Asher, and A.K. Freimanis,** Echographic evaluation of diaphragmatic motion in intra-abdominal diseases. *Radiology*, 1975. 114(1): p. 141-4.
- [29] **Sanchez de Toledo J, Munoz R, Landsittel D, et al.** Diagnosis of abnormal diaphragm motion after cardiothoracic surgery: ultrasound performed by a cardiac intensivist vs. fluoroscopy. *Congenit Heart Dis* 2010;5:565—72
- [30] **Kim SH, Na S, Choi JS.** An evaluation of diaphragmatic movement by M-mode sonography as a predictor of pulmonary dysfunction after upper abdominal surgery. *Anesth Analg* 2010;110:1349—54
- [31] **Ayoub J, Cohendy R, Prioux J.** Diaphragm movement before and after cholecystectomy: a sonography study. *Anaesth Analg* 2001;92:755—61
- [32] **Cohen E, Mier A, Heywood P.** Excursion—volume relation of the right hemidiaphragm measured by ultrasonography and respiratory air flow measurements. *Thorax* 1994;29:885—9.
- [33] **Callen PW, Filly RA, Sarti DA.** Ultrasonography of the diaphragmatic crura. *Radiology* 1979;130:721—4
- [34] **Vivier E, Mekontso Dessap A, Dimassi S.** Diaphragm ultrasonography to estimate the work of breathing during noninvasive ventilation. *Intensive Care Med* 2012;38:796—803
- [35] **Celik S, Celik M, Aydemir B.** Long-term results of diaphragmatic plication in adults with unilateral diaphragm paralysis. *J Cardiothorac Surg* 2010;5:111

- [36] **Ayoub J, Cohendy R, Dauzat M.** Non invasive quantification of diaphragm kinetics using M-mode sonography. *Can J Anaesth* 1997;44:739—44.
- [37] **Crausman RS, Summerhill EM, McCool FD.** Idiopathic diaphragmatic paralysis: Bell's palsy of the diaphragm? *Lung* 2009;187:153—7.
- [38] **Targhetta R, Chavagneux R, Ayoub J.** Cinétique diaphragmatique droite mesurée par ultrasonographie en mode TM avec spirométrie concomitante chez le sujet normal et asthmatique. Résultats préliminaires. *Rev Med Int* 1995;16:819—26.
- [39] **Subotic DR, Stevic R, Gajic M.** Diaphragm motion and lung function prediction in patients operated for lung cancer — a pilot study on 27 patients. *J Cardiothorac Surg* 2013;8:213—22
- [40] **Boon AJ, Alsharif KI, Harper CM.** Ultrasound-guided needle EMG of the diaphragm: technique description and case report. *Muscle Nerve* 2008;38:1623—6.
- [41] **Amirjani N, Hudson AL, Butler JE.** An algorithm for the safety of costal diaphragm electromyography derived from ultrasound. *Muscle Nerve* 2012;46:856—60.
- [42] **Kerrey BT, Geis GL, Quinn AM.** A prospective comparison of diaphragmatic ultrasound and chest radiography to determine endotracheal tube position in a pediatric emergency department. *Pediatrics* 2009;123:1039—44.
- [43] **Epelman M, Navarro OM, Daneman A.** M-mode sonography of diaphragmatic motion: description of technique and experience in 278 pediatric patients. *Pediatr Radiol* 2005;35:661—7.

- [44] **Gethin-Jones TL, Noble VE, Morse CR.** Quantification of diaphragm function using ultrasound: evaluation of a novel technique. *Ultrasound Med Biol* 2010;36:1965—9
- [45] **Matamis D, Soilemezi E, Tsagourias M.** Sonographic evaluation of the diaphragm in critically ill patients. Technique and clinical applications. *Intensive Care Med* 2013;39:801—10.
- [46] **Kim WY, Suh HJ, Hong SB.** Diaphragm dysfunction assessed by ultrasonography: influence on weaning from mechanical ventilation. *Crit Care Med* 2011;39:2627—30.
- [47] **Miller SG, Brook MM, Tacy TA.** Reliability of two-dimensional echocardiography in the assessment of clinically significant abnormal hemidiaphragm motion in pediatric cardiothoracic patients: comparison with fluoroscopy. *Pediatr Crit Care Med* 2006;7:441—4
- [48] **Gerscovich EO, Cronan M, Mc Gahan JP .** Ultrasonographic evaluation of diaphragmatic motion. *J Ultrasound Med* 2001;20:597—604.
- [49] **Boon AJ, Harper CJ, Ghahfarokhi LS.** Two-dimensional ultrasound imaging of the diaphragm: quantitative values in normal subjects. *Muscle Nerve* 2013;47:884—9
- [50] **Lerolle N, Diehl J.** Ultrasonographic evaluation of diaphragmatic function. *Crit Care Med* 2011;39:2760—1.
- [51] **Boussuges A, Gole Y, Blanc P.** Diaphragmatic motion studied by M-mode ultrasonography: methods, reproducibility, and normal values. *Chest* 2009;135:391—400.
- [52] **Hardy F, Walker J, Sawyer T.** Sonographic measurement of diaphragm movement in patients with tetraplegia. *Spinal Cord* 2009;47:832—4

- [53] **Hiwatani Y, Sakata M, Miwa H.** Ultrasonography of the diaphragm in amyotrophic lateral sclerosis: clinical significance in assessment of respiratory functions. *Amyotroph Lateral Scler Frontotemporal Degener* 2013;14:127—31
- [54] **Houston JG, Morris AD, Howie CA.** Technical report: quantitative assessment of diaphragmatic movement — a reproducible method using ultrasound. *Clin Radiol* 1992;46:405—7.
- [55] **Scott S, Fuld JP, Carter R.** Diaphragm ultrasonography as an alternative to whole-body plethysmography in pulmonary function testing. *J Ultrasound Med* 2006;25:225—32.
- [56] **Voyvoda N, Yücel C, Karatas G.** An evaluation of diaphragmatic movements in hemiplegic patients. *Br J Radiol* 2012;85:411—4.
- [57] **Wait JL, Nahormek PA, Yost WT.** Diaphragmatic thickness—lung volume relationship in vivo. *J Appl Physiol* 1989;4:1560—8.
- [58] **Aimino R.** Échotomographie et pathologie thoracique. Masson 1985; 71 pages
- [59] **Lewandowski BJ, Winsberg F.** Echographic appearance of the right hemidiaphragm. *J Ultrasound Med* 1983;2:243—9.
- [60] **Testa A, Soldati G, Giannuzzi R, Berardi S, Portale G, Gentiloni Silveri N.** Ultrasound M-mode assessment of diaphragmatic kinetics by anterior transverse scanning in healthy subjects. *Ultrasound Med Biol.* 2011;37(1):44—52.
- [61] **Soilemezi E, Tsagourias M, Talias MA, Soteriades ES, Makrakis V, Zakynthinos E, Matamis D.** Sonographic assessment of changes in diaphragmatic kinetics induced by inspiratory resistive loading. *Respirology.* 2013 Apr;18(3):468-73

- [62] **Sarwal A, Walker FO, Cartwright MS.** Neuromuscular ultrasound for evaluation of the diaphragm. *Muscle Nerve*. 2013;47(3):319–29.
- [63] **Matamis D, Soilemezi E, Tsagourias M, Akoumianaki E, Dimassi S, Boroli F.** Sonographic evaluation of the diaphragm in critically ill patients. Technique and clinical applications. *Intensive Care Med*. 2013;39(5):801–10.
- [64] **Enright S, Chatham K, Ionescu AA, Unnithan VB, Shale DJ.** The influence of body composition on respiratory muscle, lung function and diaphragm thickness in adults with cystic fibrosis. *J Cyst Fibros Off J Eur Cyst Fibros Soc*. 2007;6(6):384–90.
- [65] **Ueki J, De Bruin P, Pride N.** In vivo assessment of diaphragm contraction by ultrasound in normal subjects. *Thorax*. 1995;50(11):1157–61. 157. **Cohn D, Benditt JO, Eveloff S, McCool FD.** Diaphragm thickening during inspiration. *J Appl Physiol*. 1997;83(1):291–6.
- [66] **Cohn D, Benditt JO, Eveloff S, McCool FD.** Diaphragm thickening during inspiration. *J Appl Physiol*. 1997;83(1):291–6.
- [67] **Jung K-J, Park J-Y, Hwang D-W.** Ultrasonographic diaphragmatic motion analysis and its correlation with pulmonary function in hemiplegic stroke patients. *Ann Rehabil Med* 2014;38:29—37.
- [68] **Fedullo AJ, Lerner RM, Gibson J.** Sonographic measurement of diaphragmatic motion after coronary artery bypass surgery. *Chest* 1992;102:1683—6.
- [69] **Drummond G.** Ultrasound assessment of diaphragmatic movement. *Thorax* 1994;49:1278.

- [70] **Houston JG, Fleet M, Cowan MD.** Comparison of ultrasound with fluoroscopy in the assessment of suspect hemidiaphragmatic movement abnormality. *Clin Radiol* 1995;50:95—8.
- [71] **Kantarci F, Milmanli I, Demirel MK.** Normal diaphragmatic motion and the effects of body composition; determination with M-mode sonography. *J Ultrasound Med* 2004;23: 255—60.
- [72] **Harris RS, Giovannetti M, Kim BK.** Normal ventilatory movement of the right hemidiaphragm studied by ultrasonography and pneumotachography. *Radiology* 1983;146:141—4.
- [73] **Kang HW, Kim TO, Lee BR, Yu JY.** Influence of diaphragmatic mobility on hypercapnia in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *J Korean Med Sci* 2011;26:1209—13.
- [74] **Dos Santos Yamaguti WP, Paulin E, Shibao S.** Airtrapping: the major factor limiting diaphragm mobility in chronic obstructive pulmonary disease patients. *Respirology* 2008;13:138—44.
- [75] **Urmey WF, Talts KH, Sharrock NE.** One hundred percent incidence of hemidiaphragmatic paresis associated with interscalene brachial plexus anesthesia as diagnosed by ultrasonography. *Anesth Anaesth* 1991;72:498-503

Serment d'Hippocrate

Au moment d'être admis à devenir membre de la profession médicale, je m'engage solennellement à consacrer ma vie au service de l'humanité.

- *Je traiterai mes maîtres avec le respect et la reconnaissance qui leur sont dus.*
- *Je pratiquerai ma profession avec conscience et dignité. La santé de mes malades sera mon premier but.*
- *Je ne trahirai pas les secrets qui me seront confiés.*
- *Je maintiendrai par tous les moyens en mon pouvoir l'honneur et les nobles traditions de la profession médicale.*
- *Les médecins seront mes frères.*
- *Aucune considération de religion, de nationalité, de race, aucune considération politique et sociale ne s'interposera entre mon devoir et mon patient.*
- *Je maintiendrai le respect de la vie humaine dès la conception.*
- *Même sous la menace, je n'userai pas de mes connaissances médicales d'une façon contraire aux lois de l'humanité.*
- *Je m'y engage librement et sur mon honneur.*

قسم أبقراط

بسم الله الرحمن الرحيم

أقسم بالله العظيم

في هذه اللحظة التي يتم فيها قبولي عضوا في المهنة الطبية أتعهد علانية:

- < بأن أكرس حياتي لخدمة الإنسانية .
- < وأن أحترم أساتذتي وأعترف لهم بالجميل الذي يستحقونه .
- < وأن أمارس مهنتي بوانزع من ضميري وشرعي في جاعلا صحة مريض هدي في الأول .
- < وأن لا أفشي الأسرار المعهودة إلي .
- < وأن أحافظ بكل ما لدي من وسائل على الشرف والتقاليد النبيلة لمهنة الطب .
- < وأن أعتبر سائر الأطباء إخوة لي .
- < وأن أقوم بواجبي نحو مرضاي بدون أي اعتبار ديني أو وطني أو عرقي أو سياسي أو اجتماعي .
- < وأن أحافظ بكل حزم على احترام الحياة الإنسانية منذ نشأتها .
- < وأن لا أستعمل معلوماتي الطبية بطريق يضر بحقوق الإنسان مهما لاقيت من تهديد .
- < بكل هذا أتعهد عن كامل اختيار ومقسما بشري في .

والله على ما أقول شهيد .



المملكة المغربية
جامعة محمد الخامس بالرباط
كلية الطب والصيدلة
الرباط



أطروحة رقم: 359

سنة : 2018

تقييم الحاجة للتهوية بالموجات فوق الصوتية للمرضى الذين يعانون من الشلل العصبي العضلي

أطروحة

قدمت ونوقشت علانية يوم : 2018 /10/26

من طرفه

السيدة سلمى الصايغ

المزودة في 21 أكتوبر 1993 بالرباط

لنيل شهادة

دكتور في الطب

الكلمات الأساسية : الموجات فوق الصوتية؛ التهوية؛ الشلل العصبي العضلي

أعضاء لجنة التحكيم:

رئيس ومشرف

السيد أحمد وجدي معزوزي

عضو

أستاذ في الإنعاش والتخدير

عضو

السيد أحمد الهجري

عضو

أستاذ في الإنعاش والتخدير

السيدة مريم فكري

عضو مشارك

أستاذة في طب الأشعة

السيد مراد عمور

أستاذ في الإنعاش والتخدير

السيد محسن دوميري

أستاذ مساعد في الإنعاش والتخدير