

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

**« ETUDE DES EFFETS DE LA
VENTILATION DIRIGEE ABDOMINO
DIAPHRAGMATIQUE CHEZ
DES PATIENTS BPCO DE SEVERITE
MOYENNE »**

Rapport de travail écrit personnel
présenté par **Gérard Lausin**
étudiant en 3^{ème} année de kinésithérapie
en vue de l'obtention du Diplôme d'Etat
de Masseur-Kinésithérapeute
2006-2007.

SOMMAIRE

	page
RESUME	
1. INTRODUCTION.....	1
2. MATERIEL ET METHODE.....	2
2. 1. Population.....	2
2. 2. Matériel.....	3
2. 2. 1. Paramètres mesurés.....	3
2. 2. 2. Fonctionnement du «SenTec System Digital Monitoring».....	4
2. 3. Méthode.....	5
2. 3. 1. Condition d'arrivée des patients.....	6
2. 3. 2. Installation du matériel.....	6
2. 3. 3. Mesure de la Pi max et de la Pe max	7
2. 3. 4. Installation du patient.....	7
2. 3. 5. Autres mesures	8
2. 4. Description des ventilations.....	9
2. 4. 1. La ventilation dirigée abdomino diaphragmatique	9
2. 4. 2. La ventilation spontanée	9
3. RESULTATS.....	10
3. 1. Résultats de G1 (vdad).....	10
3. 2. Résultats du G2 (vs).....	13
3. 3. Comparaison des résultats.....	15
3. 4. Autres résultats	16

3. 4. 1. La fréquence respiratoire	16
3. 4. 2. La dyspnée.....	17
3. 4 .3. Pi max et Pe max	17
3. 4. 4. Remarques.....	18
4. DISCUSSION.....	18
4. 1. Gimenez, la littérature, et notre étude.....	18
4. 1. 1. Thèse et résultats de Gimenez.....	18
4. 1. 2. Comparaison des résultats de Gimenez avec notre étude.....	20
4. 1. 3. Gimenez et la littérature.....	20
4. 2. La PCO ₂	20
4. 2. 1. Les valeurs «normales» de la PCO ₂	20
4. 2. 2. Evolution de la PCO ₂ et notion de valeur seuil.....	21
4. 3. Pi max et Pe max : explication des valeurs obtenues.....	22
4. 3. 1. Pourquoi ces mesures ?.....	22
4. 3. 2. Décalage de notre étude.....	22
4. 3. 3. Relation Pi max – PCO ₂	23
4. 4. Dyspnée.....	23
4. 5. Satisfaction.....	24
4. 5. 1. Une satisfaction unanime ?.....	24
4. 5. 2. Une relation satisfaction – PCO ₂ ?.....	25
5. CONCLUSION	25

BIBLIOGRAPHIE

ANNEXES

1. INTRODUCTION :

La Broncho-pneumopathie chronique obstructive (BPCO) est une pathologie se définissant comme « une maladie chronique et lentement progressive caractérisée par une diminution non complètement réversible des débits aériens » selon la SPLF (Société de Pneumologie de la Langue Française) [24]. Dans des formes évoluées, les personnes atteintes de cette maladie présentent une **hypoventilation alvéolaire** c'est-à-dire une hypoxémie (diminution de la PaO₂) associée à une hypercapnie (augmentation de la PaCO₂).

Concernant la prise en charge kinésithérapique des BPCO, la ventilation dirigée abdomino-diaphragmatique (vdad) est une technique adjuvante aux traitements médicaux. C'est un mode de ventilation qui consiste à inspirer par le nez en gonflant l'abdomen et à **expirer activement** par la bouche en rentrant l'abdomen. Gimenez (Nancy, 1968 [18]) fut la première personne à effectuer des travaux concernant la vd. Ses travaux datant des années 80 ont permis de conclure à une efficacité. Mais la littérature plus contemporaine remet en question les conséquences bénéfiques de cette ventilation [4, 6, 9].

Il apparaît donc logique de s'interroger sur l'efficacité pratique de la vdad chez des patients atteints de BPCO, en étudiant quels paramètres sont améliorés, stabilisés ou aggravés.

Après une présentation de la population et du matériel utilisé, nous exploiterons les résultats de cette étude pour en tirer des informations et pouvoir conclure sur les incidences de la vdad.

2. MATERIEL ET METHODE :

2. 1. Population :

L'étude porte sur une population de 21 personnes (8 femmes et 13 hommes) de 68 ans de moyenne, présentant une BPCO étiquetée et suivie par un pneumologue.

Nous avons inclus dans cette recherche, selon les critères des recommandations de la SPLF [24], les patients ayant une BPCO de sévérité moyenne (stade II : $30\% < \text{VEMS} < 80\%$), en post exacerbation de plus de 5 jours. Nous avons exclu de l'étude les patients en insuffisance respiratoire aigue (IRA) ou chronique (IRC) ($\text{PaCO}_2 > 55 \text{ mm Hg}$ et $\text{PaO}_2 < 60 \text{ mm Hg}$), et les patients sous ventilation assistée (ventilation non invasive (VNI), ventilation en pression positive continue (VPPC)). Les critères d'inclusion et d'exclusion sont détaillés dans le tableau I.

Tableau I : Tableau récapitulatif de la population.

Critères d'inclusion	Critères d'exclusion
BPCO de sévérité moyenne $30\% < \text{VEMS} < 80\%$	Non BPCO (emphysémateux, asthmatique,...) ou $\text{VEMS} < 30\%$ et $> 80\%$
Post exacerbation $> \text{J}+5$	Post exacerbation $< \text{J}+5$
$40\text{mmHg} < \text{PCO}_2 < 55\text{mmHg}$	$\text{PCO}_2 > 55\text{mmHg}$
$\text{PO}_2 > 60\text{mmHg}$	$\text{PO}_2 < 60\text{mmHg}$
Hospitalisés pouvant sortir de leur chambre ou externe	En isolement
Sans ventilation assistée (VNI, VPPC)	Sous ventilation assistée (VNI, VPPC)

Afin d'éviter les biais tels que les incidences de la digestion, les séances sont programmées vers 16h et les patients n'ayant pas bénéficié d'aérosolthérapie au moins 2 heures avant les mesures. En cas de prescription d'oxygénothérapie post exacerbation, les mesures s'effectuent sous O2 (n=1). Les travaux de recherche se sont déroulés dans le service de rééducation du CHR Notre Dame de Bon-Secours de Metz au plateau technique du 04/09/06 au 27/09/06.

2. 2. Matériel :

2. 2. 1. Paramètres mesurés :

Les paramètres mesurés avant l'étude sont les suivants :

- la Pi max et la Pe max à l'aide d'un capteur électronique de force de type micro RPM (fig.1) distribué par EOLYS®,
- la fréquence respiratoire (FR),
- la dyspnée de repos par 2 échelles (BORG et Echelle Visuelle Analogique).

L'échelle de BORG est une échelle modifiée à partir d'Antonello, Delplanque et Selleron [2] dans laquelle les patients objectivent leur gêne respiratoire selon des critères établis au préalable (Ann. II). En revanche dans l'EVA, les patients expriment leur sensation de dyspnée de manière subjective semblable à l'EVA utilisée pour quantifier la douleur.

Les paramètres mesurés pendant l'étude par un « SenTec™ System Digital Monitoring » à l'aide d'un Capteur V.Sign™ sont les suivants :

- la saturation en O₂ (SaO₂),
- la fréquence cardiaque (FC),
- la pression partielle transcutanée en CO₂ (TcPCO₂).

Les paramètres relevés après l'étude sont les suivants :

- la fréquence respiratoire (FR),
- la dyspnée de repos (avec les mêmes échelles),
- la satisfaction du patient sous forme d'une échelle cotée de 0 à 10. (Ann. I).



Figure 1 : Capteur électronique micro RPM.

2. 2. 2. Le « SenTec™ System Digital Monitoring » (fig. 2):

C'est un appareil de mesure de la TcPCO₂ qui permet également de fournir d'autres valeurs telles que la SpO₂ et la FC. Il est constitué d'un capteur V-Sign™ infrarouge (fig.3) mis en place au niveau du lobe de l'oreille et relié au moniteur permettant de fournir les données sus-citées. Ce capteur est amené à la température de 42°C afin « d'artérialiser » le tissu cutané. Ceci permet la diffusion des gaz au travers de la peau et permet l'obtention des valeurs en temps réel [8].

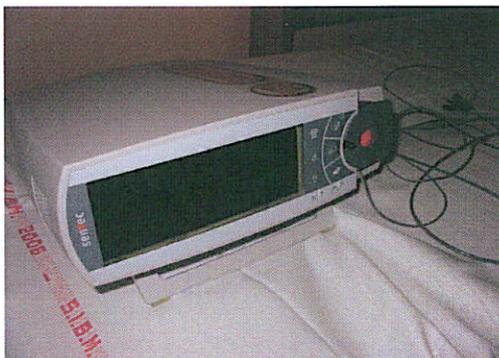


Figure 2 : SenTec™ System Digital Monitoring.

Ainsi, nous n'effectuons aucun acte invasif évitant les risques infectieux, les douleurs et le stress généré par l'aiguille. La prise de mesure de la TcPCO₂ nous permet de suivre l'évolution de la capnie des patients, et donc de la ventilation alvéolaire au cours de l'expérimentation.

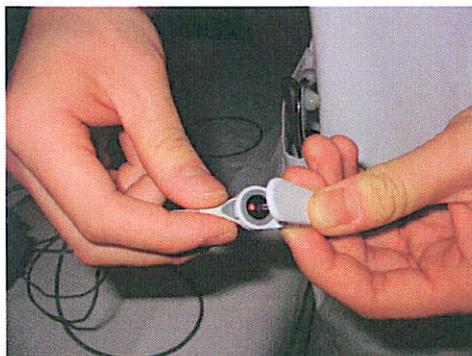


Figure 3: Le capteur V-Sign™ et le clip oreillette.

2.3. Méthode :

L'expérimentation consiste à faire ventiler les patients répartis dans 2 groupes randomisés (1 groupe avec de la vdad et 1 groupe témoin avec de la ventilation spontanée (vs)) et d'évaluer s'il existe des différences significatives sur les paramètres définis auparavant.

Pour tous les patients, la chronologie des événements suivants est respectée.

2. 3. 1. Condition d'arrivée des patients :

A leur arrivée sur le plateau technique, les patients tirent au sort le type de ventilation qu'ils vont devoir réaliser et sont repartis selon deux groupes (randomisation) :

- G1, le groupe bénéficiant d'une vdad,
- G2, le groupe témoin effectuant de la vs.

2. 3. 2. Installation du capteur (fig. 4):

Avant de mettre en place le capteur nous déposons une goutte de gel. Le capteur V.Sign™ du moniteur SenTec™ est immédiatement installé sur le lobe de l'oreille car celui-ci requiert un délai d'environ 20 minutes pour se calibrer [7]. Le coté du lobe n'a aucune importance (nous avons cependant choisi systématiquement le lobe gauche), la seule indication est de retirer boucles d'oreilles chez les dames durant l'expérience car il nécessite un contact complet entre la peau et la surface du capteur.

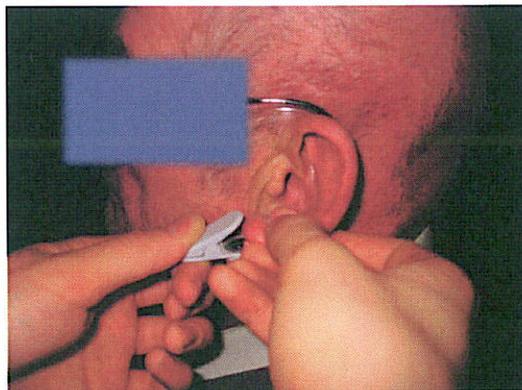


Figure 4 : Mise en place du capteur V.Sign™

2. 3. 3. Mesure de la Pi max et de la Pe max :

Une fois le capteur installé, nous effectuons les mesures des Pi max et Pe max à l'aide du capteur électronique de force (fig. 5). Elle est réalisée à partir d'une position assise. Le sujet est muni d'un pince-nez.

Pour la Pi max, nous lui demandons de réaliser une expiration maximale par la bouche en dehors de l'appareil de mesure, puis de porter l'embout à sa bouche afin de réaliser une inspiration maximale et forcée. Nous procédons à 3 mesures et nous retenons la meilleure valeur.

En ce qui concerne la Pe max, nous demandons au patient d'inspirer profondément par la bouche en dehors de l'appareil, puis de prendre l'embout à pleine bouche et d'expirer « vite et fort ». De même nous procédons 3 mesures et gardons la meilleure.

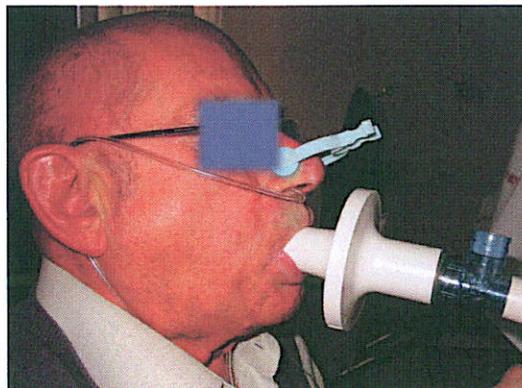


Figure 5 : Mesure de la Pi max.

2. 3. 4. Installation du patient :

Nous installons ensuite le sujet sur la table d'examen selon les préconisations du GTK (Groupe Travail Kinésithérapie) de la SPLF (fig. 6). Nous ajoutons un coussin triangulaire

sous la tête et un coussin demi-lune sous les genoux afin de détendre la sangle abdominale et d'assurer une installation confortable au patient.

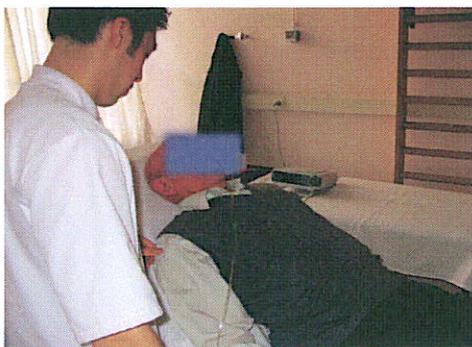


Figure 6 : Installation du patient.

2. 3. 5. Autres mesures :

Nous profitons du temps restant de calibration pour remplir la fiche de renseignements concernant le patient (Ann. III), puis nous mesurons sa FR et sa dyspnée de repos (fig. 7).

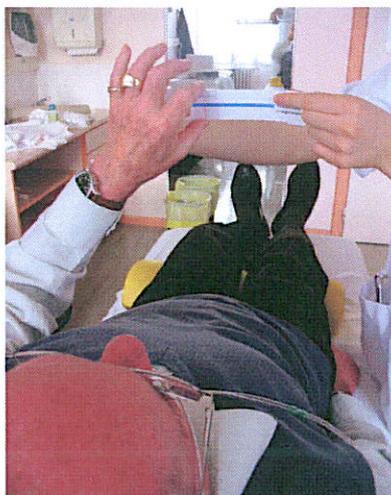


Figure 7 : Mesure de la dyspnée de repos à l'EVA.

2. 4. Description des ventilations :

2. 4. 1. La ventilation dirigée abdomino diaphragmatique :

Le patient est en décubitus dorsal sur la table avec le dossier relevé à 45° environ. Nous suivons les recommandations du GTK (<http://sfk.kinemedi.fr/>) de la SPLF en posant 1 main sur la paroi abdominale (main qui est incitative au départ, et qui permet en fin d'inspiration de mettre en évidence la détente musculaire des abdominaux). L'autre main est placée sur la cage thoracique supérieure (pour s'assurer qu'il n'y a pas de ventilation paradoxale).

Nous commençons par demander une expiration buccale douce active en rentrant le ventre.

Cette expiration peut être associée à la technique d'expiration à lèvres pincées chez ceux qui l'utilisent spontanément [6]. Puis nous demandons d'inspirer par le nez en gonflant le ventre qui doit rester souple en fin d'inspiration pour éviter la contraction des abdominaux. Nous précisons au patient que cette ventilation doit être ample mais jamais maximale.

2. 4. 2. La ventilation spontanée :

Sur le même protocole décrit précédemment, nous demandons au patient de respirer naturellement sans aucune autre indication. Nos mains sont posées sans exercer de stimulations.

Au bout des 20 minutes de calibration du moniteur, l'expérimentation peut débuter. Le patient effectue la ventilation choisie durant 15 minutes. Toutes les minutes, nous relevons les données de l'écran du moniteur (fig. 8) sur la fiche d'évaluation (Ann. III)



Figure 8 : Ecran de surveillance des paramètres.

3. RESULTATS :

Les résultats complets obtenus sont regroupés sous forme d'un tableau présent en annexe (Ann. IV). Le tableau II présente une synthèse des caractéristiques confondues des populations G1 (vdad) et G2 (vs).

Tableau II : Caractéristiques confondues des populations.

	Taille (cm)	Pds (kg)	VEMS (%)	Pi Max (cm H ₂ O)	Pe Max (cm H ₂ O)	SaO ₂ (%)	TcPCO ₂ (cm Hg)	FC (bpm)
Moyenne	167	75	64,8	60,5	64,4	97	32	75
Ectype	8,79	8,92	16,1	27,92	21,43	1	6	12
Maxi	180	92	80	117	114	100	56	107
Mini	150	59	28,1	11	35	93	18	46

3.1. Résultats de G1 (vdad) :

Le tableau III présente une synthèse des caractéristiques de la population de G1. La moyenne d'âge est de 70,5 ans.

Tableau III : Caractéristiques de la population G1.

	Taille (cm)	Pds (kg)	VEMS (%)	Pi max (cm H2O)	Pe max (cm H2O)	SaO2 (%)	TcPCO2 (cm Hg)	FC (bpm)
Moyenne	169	75	67,3	67,6	67,5	98,3	35,5	74,9
Ectype	5,35	10,18	15,45	28,3	0,99	0,99	9,03	11,83
Maxi	176	92	80	117	90	100	56,1	96
Mini	160	59	30	30	41	95	18,4	52

3. 1. 1. La SaO2 :

La figure 9 montre une légère augmentation de la SaO2 dès lors que le patient commence à ventiler. Nous passons d'une saturation de 97% à 98,5% de moyenne (augmentation d'environ 1,5 %) dans les premières minutes. Puis cette valeur tend à se stabiliser aux alentours de 98,5% jusqu'à la 8^{ème} minute où celle-ci commence à varier légèrement.

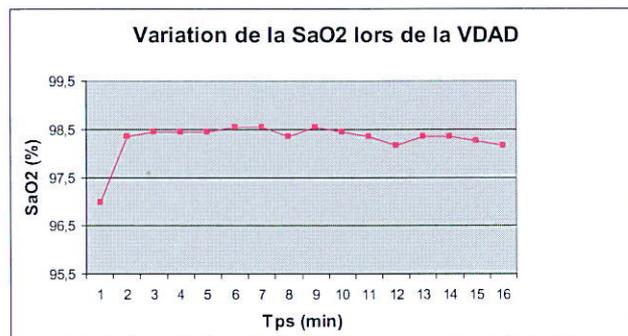


Figure 9 : Variation de la SaO2 lors de la vdad.

3. 1. 2. La TcPCO2 :

Au repos, la TcPCO2 moyenne est de 36 mm Hg. Dès les premiers instants de la ventilation il y a une forte baisse des valeurs qui passent de 35,7 mm Hg à 26,8 mm Hg au bout de 10

minutes (soit une chute de 9 mm Hg). Ensuite, les valeurs se stabilisent autour de 27 mm Hg (fig. 10).

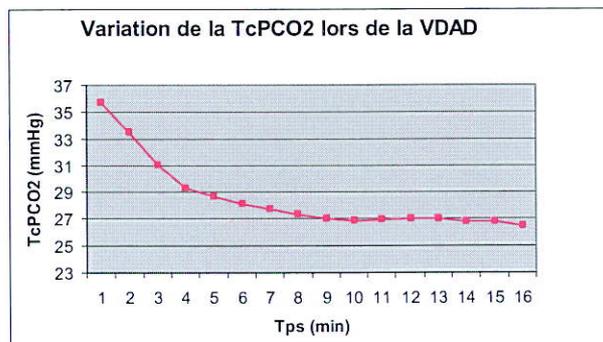


Figure 10 : Variation de la TcPCO2 lors de la vdad.

3. 1. 3. La FC :

Les valeurs de FC varient sans cesse. Cependant les limites supérieures et inférieures de l'intervalle dans lequel la FC fluctue, diminuent à partir de la 9^{ème} minute (de 74-76 bpm à 73-75 bpm) (fig. 11).

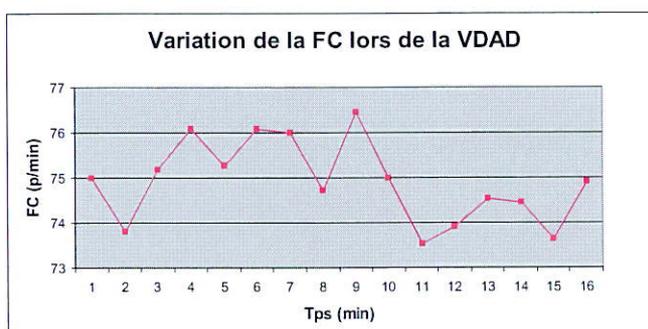


Figure 11 : Variation de la FC lors de la vdad.

3.2. Résultats du G2 (ventilation spontanée) :

Le tableau IV représente les caractéristiques de la population G2. L'âge moyen est de 66 ans.

Tableau IV : Caractéristiques de la population G2.

	Taille (m)	Pds (kg)	VEMS (%)	Pi max (cm H2O)	Pe max (cm H2O)	SaO2 (%)	TcPCO2 (cm Hg)	FC (bpm)
Moyenne	166	75,7	62,1	49,3	59,7	96,5	35,6	74,4
Ectype	11,47	7,83	17,17	25,18	25,14	1,3	5,73	13,76
Maxi	180	90	79	89	114	99	45,6	107
Mini	150	65	28,1	11	35	93	20,2	46

3. 2. 1. La SaO2 :

Elle est constante et se situe aux alentours de 96,5% mais présente quelques variations à partir de la 8^{ème} minute (fig. 12).

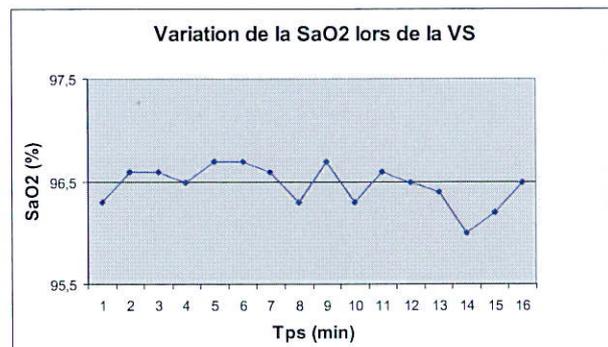


Figure 12 : Variation de la SaO2 en vs.

3. 2. 2. La TcPCO2 :

La moyenne de repos de la TcPCO2 est de 37 mm Hg. Elle présente ensuite une légère diminution passant de 37,3 mm Hg à 35,1 mm Hg (-2,2 mm Hg). Puis les valeurs se stabilisent aux alentours de la 8^{ème} minute (fig. 13).

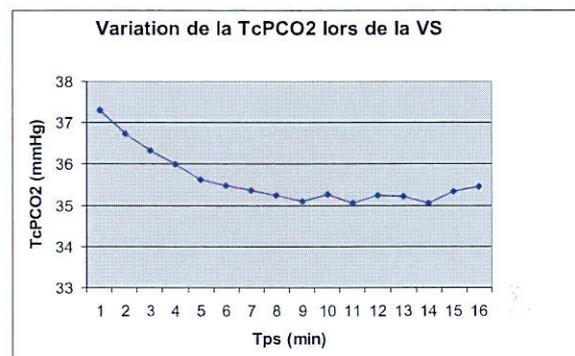


Figure 13: Variation de la TcPCO2 en vs.

3. 2. 3. La FC :

Elle varie sans cesse durant les 15 minutes (fig.14).

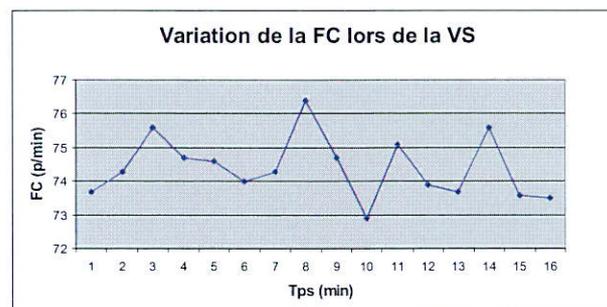


Figure 14 : Variation de la FC en vs.

3.3. Comparaison des résultats :

3.3.1. La SaO2 :

La comparaison des résultats des deux groupes montre une meilleure SaO2 en vdad qu'en vs (98,5% contre 96,5% de moyenne) (fig.15). Un test de Student est appliqué afin de comparer leurs moyennes. Cette différence n'est pas statistiquement significative ($p > 0,05$). La vdad n'a pas effet sur la SaO2.

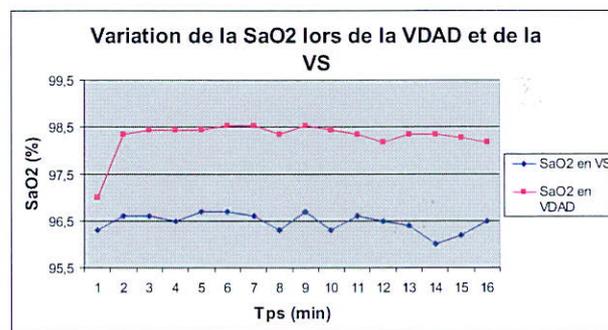


Figure 15 : Courbes de comparaison de la SaO2 entre la vdad et la vs.

3.3.2. La TcPCO2 :

Sur la figure 16, nous remarquons de meilleurs résultats lors de la vdad (26,8 mm Hg contre 35,1 mm Hg). Le test de Student montre qu'à partir de la 3^{ème} minute, il existe une différence significative entre la TcPCO2 en vdad et la TcPCO2 en vs ($p < 0,05$). Les 10 minutes suivantes présentent une différence encore plus significative ($p < 0,01$) et à la 16^{ème} minute cette différence devient très significative ($p < 0,001$). La vdad influence donc la TcPCO2 à partir de 3 minutes de ventilation et pour une durée de 10 minutes.

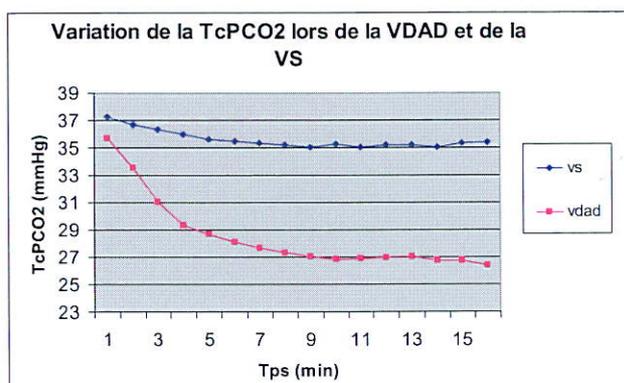


Figure 16 : Courbe de comparaison de la TcPCO2 entre la vdad et la vs.

3. 3. 3. La FC :

Aucune différence significative n'a été mise en évidence pour la FC entre les deux populations.

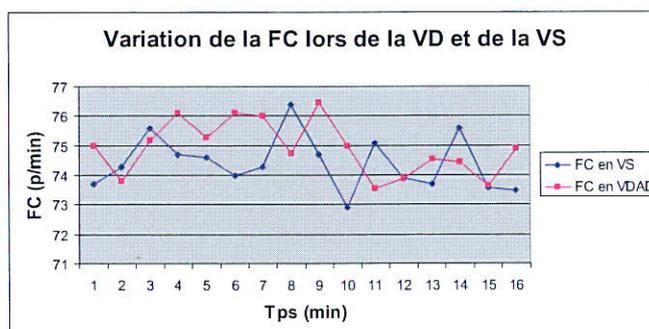


Figure 17 : Courbe de comparaison de la FC entre la vdad et de la vs.

3.4. Autres résultats:

3. 4. 1. La fréquence respiratoire :

Il n'y a pas de réelle modification de la FR que ce soit en vdad ou en vs (environ 20 cycles/min avant et après quelque soit le type de ventilation).

3. 4. 2. La dyspnée de repos :

La sensation de dyspnée décrite par les patients est augmentée au bout de 15 minutes de vdad (de 1,1 à 1,4 à l'EVA), alors qu'en vs, elle tend à diminuer (0,76 à 0,62 à l'EVA).

3. 4. 3. Pi max et Pe max :

Les résultats obtenus par G1 et G2 sont présentés dans le tableau V, ainsi que les normes retrouvées dans la littérature [16].

Tableau V : Valeurs de Pi max et Pe max de G1, G2, et normes.

Pi max (cm H2O)	Hommes (exp.)	Hommes (théo.)	Femmes (exp.)	Femme (théo.)
G1	64 ± 25	100 ± 26	39 ± 22	70 ± 21
G2	81 ± 27		77 ± 16	

Pe max (cm H2O)	Hommes (exp.)	Homme (théo.)	Femme (exp.)	Femme (théo.)
G1	75 ± 11	195 ± 63	49 ± 9	130 ± 35
G2	77 ± 16		51 ± 13	

Au niveau de G1, les hommes présentent une moyenne de la Pi max de 64 ± 25 cmH2O et G2 une moyenne de 81 ± 27 cmH2O. En revanche, chez les femmes, les valeurs sont plus faibles avec 39 ± 22 cm H2O pour G1 et 45 ± 11 cm H2O pour G2. Par rapport aux normes, les résultats sont plus faibles.

Pour la P_e max, les populations de G1 et G2 ont des valeurs semblables. Les hommes ont une P_e max autour de 75-77 cm H₂O, et les femmes autour de 49-51 cm H₂O. De même, les valeurs obtenues sont faibles par rapport à la littérature.

3. 4. 4. Remarques :

La sensation subjective de bien-être en fin de séance est meilleure après la vdad que la vs (8,5/10 contre 7,8/10). Les patients « se sentent bien ».

4. DISCUSSION :

4. 1. Gimenez, la littérature et notre étude :

4. 1. 1. Thèse et résultats de Gimenez (1968) :

Dans son ouvrage manuscrit consacré à la kinésithérapie respiratoire chez l'insuffisant respiratoire chronique, Anne-Marie Pinto réalise la synthèse des travaux de Gimenez sur la vd [18]. L'expérimentation porte sur 9 bronchiteux chroniques. Les résultats sont reportés sur le tableau VI. Nous remarquons que durant la vd, il se produit :

- une amélioration statistiquement significative de la SaO₂,
- une augmentation statistiquement significative de la PaO₂,
- une diminution statistiquement significative de la PaCO₂,
- une réduction statistiquement significative de la FR.

Tableau VI : Effets de la ventilation dirigée sur la gazométrie artérielle et la ventilation.

Ventilation dirigée	Avant	Pendant	Après
SaO2 (%)	87 ± 6	92,3 ± 5,6 *	89,6 ± 4,8
PaO2 (mm Hg)	54,7 ± 9,1	61,1 ± 7,9 **	57,8 ± 6,1
PaCO2 (mm Hg)	47,4 ± 7,7	41,8 ± 5,6 *	45 ± 4,9
FR (c/ min)	22 ± 5,4	10,3 ± 2,4 **	22,5 ± 5,4
Temps (min)	15	15	15

* p<0,01

** p<0,001

Le GTK, par la méthode du consensus formalisé, synthétise les objectifs pour une séance de cette ventilation selon 3 items [10] :

- l'optimisation du mode respiratoire (redonner ou restaurer une nouvelle rythmicité respiratoire) par augmentation du volume courant, diminution de la FR, correction des asynergies respiratoires et la diminution de la capnie.

- l'amélioration du jeu diaphragmatique (respiration de type abdomino-diaphragmatique).

- la lutte contre la dyspnée (qui constitue une incapacité générant un handicap).

A long terme, l'objectif serait selon Gimenez d'automatiser la pratique de la vd, ceci permettant une réelle amélioration clinique et fonctionnelle, ce point n'ayant jamais été étudié à ce jour.

4. 1. 2. Comparaison des résultats de Gimenez avec notre étude :

Les travaux de Gimenez montrent que la PaCO₂ diminue d'environ 6 mm Hg (de 47,4 à 41,8 mm Hg) durant la vd. Nous retrouvons dans notre travail une diminution similaire de 8,9 mm Hg même si la PaCO₂ de départ était beaucoup plus élevée (+15 mm Hg). La population étudiée par Gimenez était des insuffisants respiratoires chroniques (IRC).

Nous n'avons ni mesuré la FR, ni noté le volume courant durant l'expérimentation. Il nous est donc impossible de comparer nos résultats aux siens concernant ces paramètres.

4. 1. 3. Gimenez et la littérature :

Cahalin a retenu 25 études traitant de la vd [4]. Trois d'entre elles étudient l'évolution de la PCO₂ chez le BPCO [1, 22, 25]. Les 3 auteurs concluent sur la diminution de la PaCO₂ lors de la vd que ce soit à effet immédiat [25], à court terme (1 mois) [1], ou à long terme (6 mois) [22]. Cependant aucune étude ne met en évidence les effets à plus long délais.

4. 2. La PCO₂ :

4. 2. 1. Valeurs « normales » de PaCO₂ et fiabilité de la TcPCO₂ :

Il est communément admis que les valeurs de référence de la PaCO₂ varient entre 38 et 42 mm Hg au repos chez des personnes saines, et qu'en dehors de ces limites, ces personnes sont soit en hypocapnie (<38mmHg), soit en hypercapnie (>42mHg). Notre étude chez des BPCO montre des patients en légère hypocapnie par rapport à ces normes (36 mm Hg de moyenne pour G1, et 37 mm Hg pour G2). Seuls 2 patients sont au-delà de 42 mm Hg. Ces valeurs sont représentatives car il existe une bonne corrélation TcPCO₂-PaCO₂. La TcPCO₂ est un

indicateur très fiable pour représenter la PaCO₂ [5, 14, 22]. Nous aurions pu réaliser chez un patient de G1 et un patient de G2 une gazométrie artérielle permettant d'aller dans ce sens. Le but de ce travail n'étant pas de déterminer des normes de PCO₂, nous n'avons pas réalisé ces mesures, qui de plus sont invasives et donc hors du champ de compétences du masseur-kinésithérapeute.

Selon R. Matran, les normes de PaCO₂ sont fonction du lieu où l'on se trouve, du mode de vie socio-économique, des facteurs hormonaux et du brassage ethnique [17]. Ceci pourrait expliquer la diversité des valeurs obtenues par les patients par rapport aux valeurs retrouvées généralement dans la littérature.

4. 2. 2. Evolution de la PCO₂ durant l'expérience et notion de valeur seuil :

L'avantage du moniteur SenTec™ est de pouvoir obtenir l'évolution de la capnie en temps réel sans risque et sans inconfort pour le patient. Ceci permet d'observer la chute de la capnie durant l'expérimentation. Cependant cette diminution de PCO₂ n'est statistiquement représentative qu'à partir de la 3^{ème} minute et jusqu'à la 10^{ème} minute de réalisation de vdad (c'est-à-dire la 13^{ème} minute d'expérimentation). Cette chute très rapide des valeurs de PCO₂ montrent l'impact quasi immédiat de la technique sur notre organisme. Les valeurs de PCO₂ tendent à se stabiliser autour de 27 mm Hg au bout de 10 minutes d'exercice (cf. 3.3.2). Il existe alors un minimum intra-individuel atteint par chacun des patients, un seuil dont il nous est encore difficile de trouver une explication sur la valeur. Dès l'arrêt de la vdad, la PCO₂ retrouve alors progressivement sa valeur d'origine en quelques minutes (valeur de départ). La vd déclenche donc une hyperventilation alvéolaire traduisant une amélioration de la ventilation qui est défailante chez le BPCO.

La valeur seuil atteinte n'entraîne quasiment pas de désagréments sur la clinique des patients.
En effet, aucun trouble lié à l'hypocapnie n'est constaté (pas d'arythmie cardiaque, pas de convulsion, ni de paresthésie faciale, ni de crampes). Seuls 2 patients décrivent une légère fatigue sans gêne réelle.

La clinique prend ici toute son importance ; un patient serait en mesure de faire chuter sa PCO₂ sans avoir de complications respiratoire et circulatoire immédiates (15 minutes). A première vue, il semble ne pas exister de valeur seuil pour laquelle la PCO₂ serait gênante. Nous n'avons ni assez de recul pour confirmer une telle idée, ni trouver de bibliographie sur ce sujet qui reste une hypothèse à confirmer ou infirmer.

4. 3. Pi max, Pe max : une explication des valeurs obtenues.

4. 3. 1. Pourquoi ces mesures ?

Ces mesures permettent d'évaluer la force des muscles inspireurs et expirateurs. Il existe une hétérogénéité dans les valeurs de Pi max limitant ainsi l'utilisation de cette mesure [19]. Chez des BPCO, ces valeurs sont généralement altérées mais de manière hétérogène. [11, 20]

4. 3. 2. Notre étude :

Une Pi max supérieure à 90 cm H₂O pour les hommes et 70 cm H₂O chez les femmes permet d'exclure une anomalie significative des muscles inspiratoires [16]. En ce qui concerne la Pe max, les normes sont 215 ± 63 cm H₂O pour les hommes, et de 145 ± 35 cm H₂O pour les femmes [16]. Nos résultats sont très faibles par rapport à ces normes alors que le VEMS de moyenne n'était diminué que de 35% (64,8% de la valeur théorique). En revanche nous obtenons une homogénéité sur les valeurs de la Pe max (cf. tableau VI). Ces écarts de valeurs

sont souvent liés soit à un déficit musculaire, soit à une non coopération de la part des patients. En effet, la prise de mesure de la Pi max demande parfois un réel effort musculaire majoré dans le cas de BPCO ou un problème de coordination des différents groupes musculaires inspirateurs.

4. 3. 3. Relation Pi max - PCO2 [13, 20, 22] :

Rochester et Similowski déterminent une valeur minimale de Pi max en dessous de laquelle les patients seraient considérés hypercapniques (< 55 cm H2O selon Rochester, < 70 cm H2O pour les hommes et < 60 cm H2O pour les femmes selon Similowski). Or 10 de nos patients sont en dessous de 70 cmH2O sans pour autant présenter des signes d'hypercapnie. Nos résultats diffèrent de ceux des auteurs puisque que la moyenne générale de la Pi max est de 60,5 cm H2O. D'autre part, selon Hayot, le diaphragme est en capacité de modification structurelle et notamment de ses fibres musculaires. Il existe alors un phénomène d'adaptation du diaphragme. Les fibres oxydatives laissent volontiers leur place à des fibres au métabolisme glycolytique. Ces fibres de type II étant peu résistant à la fatigue, ceci permet d'expliquer la faiblesse du diaphragme et l'incapacité à obtenir des valeurs normales de Pi max.

4.4. Dyspnée :

Les variations de dyspnée n'ont pas de différence statistiquement significative. La vdad ne semble pas avoir d'effet notable sur nos patients. Dans notre expérience elle n'améliore pas et n'aggrave pas la dyspnée de repos. C'est ce que décrit Jones dans son étude comparant la

consommation d'O₂ en vs et lors de différents types de respiration (vd, lèvres pincées, vd + lèvres pincées) chez des BPCO stables [15].

En revanche Gosselink et Vitacca expliquent que chez des BPCO sévères, la vd entraîne une augmentation de la sensation de dyspnée [9, 25] par une accentuation du travail des muscles inspirateurs. Dechman décrit quand à lui une diminution de la dyspnée lors d'une vd à lèvres pincées chez des BPCO stables [6].

La comparaison de ces textes est relativement délicate dans le sens où la dyspnée étudiée n'est pas précisée (dyspnée d'effort ou de repos). De plus, la réalisation de la ventilation est parfois fastidieuse ; les patient voulant « trop bien faire » se forcent et donc majorent leur dyspnée [4].

4.5. Satisfaction :

4. 5. 1. Une satisfaction unanime ?

D'une manière générale, les patients sont satisfaits de la séance effectuée (8,5/10 à l'EVA de moyenne). Néanmoins une sensation de fatigue et/ou de douleur dans le dos est décrite par 3 patients aux alentours de 10 minutes mais n'ayant pas entraîné l'arrêt de l'expérimentation.

Cette sensation peut être due soit à une mauvaise réalisation de la technique de la part des patients, soit à un mauvais enseignement de la technique de notre part [4]. Ceci pouvant être à l'origine d'une aggravation de la dyspnée.

4. 5. 2. Une relation PCO₂ – satisfaction ? :

La mesure de satisfaction nous permet plus ou moins d'établir une relation entre le ressenti du patient et la chute de PCO₂. Il semble que la diminution de PCO₂ n'entraîne pas de sensation gênante vis-à-vis des patients. Cette diminution précipitée pourrait être discutée d'avantage mais aucune étude n'a été retrouvée à ce sujet.

5. CONCLUSION :

L'efficacité de la vdad relève de l'évidence pour de nombreux kinésithérapeutes. Mais « l'evidence based medecine » tempère cet optimisme par une insuffisance de preuves récentes dans la littérature. Cette étude a évalué les effets de la vdad sur la capnie et sur le ressenti des patients sur une séance. Les résultats montrent que la vdad réalisée pendant 15 minutes s'accompagne d'une diminution de la capnie et d'une satisfaction des patients. Une étude sur les effets de la vdad sur la PCO₂ à long terme pourrait faire l'objet d'un travail ultérieur.

Bibliographie

- 1. AMBOSINO N., PAGGIARO PL., MACCHI M.** – A study of short-term effect of rehabilitative therapy in chronic obstructive pulmonary disease – *Respiration*, 1981, 41, 40-44.
- 2. ANTONELLO M., DELPLANQUE D., SELLERON B.** - EMC 26-500-C-10 Kinésithérapie respiratoire: démarche diagnostique, techniques kinésithérapiques.
- 3. BRACH BB., CHAO RP., SGROI VL., MIHN VD., ASHBURN VL., MOSER KM.** – 133 Xenon patterns during diaphragmatic breathing. Studies in normal subjects and patients with chronic obstructive pulmonary disease – *Chest*, 1977, 71(6), 735-739.
- 4. CAHALIN LP. , BRAGA M., MATSUO Y., HERNANDEZ ED.** – Efficacy of diaphragmatic breathing in persons with COPD: a review of literature – *Journal of Cardiopulmonary Rehabilitation*, Jan-Feb 2002, 22 (1), 7-21.
- 5. CUVELIER A., GREGORIU B., MOLANO LC., MUIR JF.** – Limitation of transcutaneous of carbon dioxide measurement for assessing long-terme mechanical ventilation. – *Chest*, 2005, 127, 1744-1728.
- 6. DECHMAN G., WILSON CR.** – Evidence underlying breathing retraining in people with stable chronic obstructive pulmonary disease – *Physical Therapy*, 2004, 84 (12), 1189-1197.
- 7. DOMINGO C., CANTURRI E., LUJAN M., MORENO A., ESPUALAS H. y MARINA A.**- Medicación de la presión parcial anhídrido carbónico y de la saturación de oxígeno: validación del monitor SenTec – *Arch. Bronconeumol*, 2006, 42 (5), 246-251.
- 8. EBERHAND P., GISIGER PA., GARDAZ JP., SPAHN DR.** – Combining transcutaneous blood gas measurement and pulse oximetry – *Anesth Analg*, 2002, 94, 76-80.
- 9. GOSSELINK RA., WAGENAAR RC., RIJSWIJK H., SARGEANT AJ., DECRAMER ML.** – Diaphragmatic breathing reduces efficiency of breathing in patients with chronic obstructive pulmonary disease – *Am J Respir Crit Care Med*, 1995, 151 (4), 1136-1142.
- 10. GOUILLY P. et le GTK** - La ventilation diaphragmatique en 2007, conférence SFK, 20/01/07, www.sfk.kinemedi.fr
- 11. GREEN M., ROAD J., SIECK GC., SIMILOWSKI T.** – Evaluation de la force des muscles respiratoires – *Rev Mal Respir*, 2004, 21, 4S21-4S51.
- 12. GRIMBLY G., OXHOJ H., BAKE B.** - Effects of abdominal breathing on distribution of ventilation in obstructive lung disease – *Clin Sci Molec Med*, 1975, 48, 193-199.
- 13. HAYOT M.** – Les muscles respiratoires sont-ils des muscles squelettiques comme les autres ? – *Rev Mal Respir*, 2005, 22, 2S29, 2S36.

- 14. HEUSS L.T., PRASHANT N.C., SCHNIERGER P., HIRT T., BEGLINGER C.** – Combined pulse oximetry / cutaneous carbon dioxide tension monitoring during colonoscopies: pilot study with a smart ear clip - Digestion, 2004, 70, 152-158.
- 15. JONES ALICE YM., DEAN E., CHOW CEDRIC CS** - Comparison of the oxygen cost of breathing exercises and spontaneous breathing in patients with stable COPD - Physical Therapy, May 2003, 83, 5, 424-431.
- 16. LEHANCE C., CLOSE P., BURY TH.** – Comment j'explore... un dysfonctionnement des muscles respiratoires – Rev Med Liège, 2004, 59, 1, 51-55.
- 17. MATRAN R.** – Normalité de la fonction ventilatoire – Rev Mal Respir, 2003, 20, 483-486.
- 18. PINTO A-M.** – Manuel pratique de kinésithérapie respiratoire chez l'insuffisant respiratoire chronique adulte. – Paris, pages 45-64, Maloine, 1981.
- 19. REGGIORI B.** – Pressions inspiratoires maximales: mesures et corrélation. – Mémoire : IFMK Nancy : 2004. – 41p.
- 20. ROCHESTER DF., BRAUN NM.** – Determinants of maximal inspiratory pressure in chronic obstructive pulmonary disease – Am Rev Respir Dis, 1985 Jul, 132 (1), 42-47.
- 21. SAUTY A., ULDRY C., DEBETAZ LF., LEUENBERGER P., FITTING JW.** – Differences in PO₂ and PCO₂ between arterial and arterialized earlobe samples. – Eur Respir J, 1996, 9, 186-189.
- 22. SERGYSELS R., DE COSTER A., DEGRE S., DENOLIN H.** – Functional evaluation of a physical rehabilitation program including breathing exercises and bicycle training in COPD. – Respiration, 38, 1979, 105-111.
- 23. SIMILOWSKI T.** – Exploration de la fonction du diaphragme – EMC 6-000-N90, 2001, 24p.
- 24. SPLF** - Actualisation des recommandations de la SPLF sur la prise en charge de la BPCO - Rev Mal Respir, 2003, 20, 294-299.
- 25. VITACCA M., CLINI E., BIANCHI L., AMBROSINO N.** - Acute effects of deep diaphragmatic breathing in COPD patients with chronic respiratory insufficiency - Eur Respir J 1998, 11: 408 – 415.

Pour en savoir plus:

www.splf.org

www.sfk.kinemia.fr

ANNEXES

ANNEXE I

ECHELLE DE SATISFACTION DU PATIENT

Où situez-vous votre sensation de bien être ?

Très mauvaise

Très bonne

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

ANNEXE II

ECHELLE DE BORG

modifiée d'après M Antello, D Delplanque et B Selleron

10	Essoufflement maximum
9	Essoufflement extrêmement sévère
8	
7	Essoufflement très sévère
6	
5	Essoufflement sévère
4	Essoufflement presque sévère
3	Essoufflement modéré
2	Essoufflement léger
1	Essoufflement très léger
0,5	Essoufflement à peine notable
0	aucun essoufflement

ANNEXE III

Fiche de renseignements

ANNEXE IV

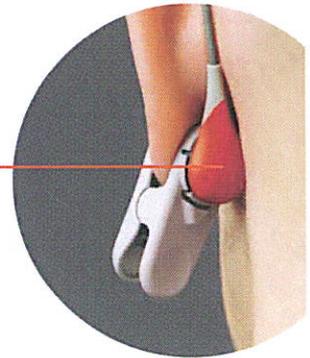
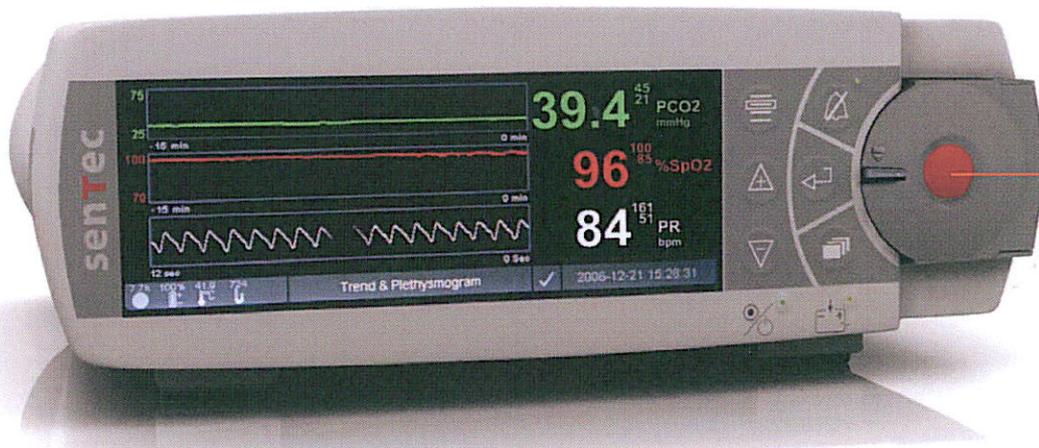
Tableau comportant l'ensemble des
mesures

N° patient	Nom	Prénom	FR avant séance	FR après séance	Dyspnée EVA avant	Dyspnée EVA après	Borg avant	Borg après	satisfaction	VD
1	P	C	10	10	0	0	2	0,5	8	0
4	T	R	18	12	0	0,6	0	0,5	10	0
5	L	D	14	12	3,2	2	2	2	8	0
6	M	A	24	24	0	4,9	0	2	7	0
8	L	J	16	20	3,6	3,1	2	3	8	0
11	J	C	12	12	1,3	1,1	0,5	0,5	9	0
12	P	L	59	58	0	0	0	0	9	0
16	K	J	15	15	0	0	0	0	9	0
17	B	M	20	21	0	0,6	0	0,5	8	0
18	H	F	20	20	0	0	0	0	10	0
21	S	J	20	16	3,9	3,2	3	2	8	0
		Moyenne	20,72727273	20	1,090909091	1,409090909	0,863636364	1	8,545454545	

2	W	M	16	14	0	0	0	0	9	N
3	A	C	20	30	1,5	3,2	0,5	3	7	N
7	F	G	20	19	0	0	0	0	1	N
9	L	V	22	21	0	0	0	0	10	N
10	M	A	24	20	0	0	0,5	0,5	10	N
13	L	C	16	16	1,5	0,6	2	0,5	9	N
14	T	J	20	24	0	0	0	0	8	N
15	F	L	16	16	2,6	0,9	0,5	0,5	5	N
19	K	A	24	24	1,3	0,6	0,5	0,5	9,5	N
20	S	J	20	20	0,7	0,9	0,5	1	9	N
		Moyenne	19,8	20,4	0,76	0,62	0,45	0,6	7,75	

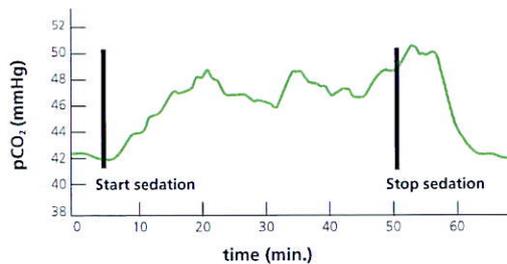
ANNEXE V

SenTec™ System Digital Monitoring

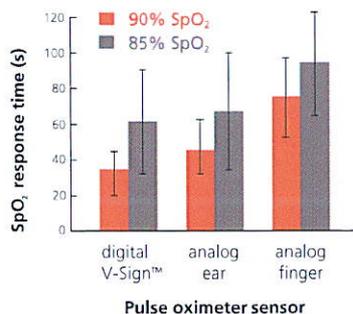


SenTec Digital Monitoring System

- pCO₂, SpO₂ and pulse
- non-invasive, continuous, real-time
- digital V-Sign™ Sensor



V-Sign™ Sensor pCO₂ data in a Propofol-sedated patient undergoing gastrointestinal endoscopy. The pCO₂ data reflect the course of sedation.



SpO₂ response times of V-Sign™ Sensor and two analog pulse oximeter sensors to changes in FiO₂ in healthy adult volunteers (error bars ± 1 SD). When applied to the earlobe, the digital V-Sign™ Sensor reaches the 90%-alarm limit on average 15 to 42 seconds earlier than analog ear or finger sensors.

Features and Benefits

SenTec Digital Monitoring System SDMS with V-Sign™ Sensor provides continuous, non-invasive, real-time monitoring of carbon dioxide partial pressure (pCO₂), oxygen saturation (SpO₂), and pulse. V-Sign™ Sensor is easily applied to the earlobe and responds quickly and accurately to changes in patients' pCO₂- and SpO₂-levels.

Improve patient management by obtaining continuous information on your patient's ventilation and oxygenation. Increase comfort and safety of both your patient and your medical staff. Clinical studies¹ document the accuracy and reliability of the SenTec Digital Monitoring System.

Non-invasive Monitoring of Ventilation

senTec
Single Sensor Monitoring

V-Sign™ Sensor

The digital V-Sign™ Sensor enables simultaneous monitoring of pCO₂, SpO₂, and pulse. It incorporates the latest opto-electronics and digital signal processing technologies. In combination with local arterialization of the warmed measurement site, V-Sign™ Sensor achieves excellent measuring performance. Applied to the earlobe – a site physiologically close to the preferred central circulation of the cranium – V-Sign™ Sensor detects changes in SpO₂ notably earlier than analog ear and finger pulse oximetry sensors.

Measurement principle:

Severinghaus-type pCO₂ measurement
2-wavelength reflectance pulse oximeter

Digital microtechnology:

Opto-electronic components, micro pH-electrode, temperature sensors, and a mixed-signal micro-controller reside on a digital sensor print. Sensor specific data are stored in a digital memory chip.

Sensor temperature:

Set to 42 °C (107.6 °F)
Supervised by two independent circuits

Sensor membrane exchange:

Every 2 weeks under normal use

Characteristics of the sensor head:

Diameter: 14 mm (0.55")
Height: 9 mm (0.35")
Weight: < 3 g (0.1 oz)
Waterproof

Cable:

Highly flexible, shielded, polyurethane coated

Transport/Storage (in factory package):

Transport temperature: 0 to 50 °C (32 to 122 °F)
Long term storage temperature: 15-26 °C (59-78 °F)
Store sensor with membrane

SenTec Digital Monitoring System – overall performance

Carbon Dioxide Partial Pressure (pCO₂)²

Measurement range: 0 – 200 mmHg (0 – 26.67 kPa)
Resolution: 0.1 mmHg (0.1 kPa)

In Vitro Performance

Drift: typically < 1%/h
Response time (T₉₀): typically < 80 s

Oxygen Saturation (SpO₂)

Measurement range: 1 – 100%
Resolution: 1%
Accuracy (Arms)³: 70 – 100%: ± 2%

Pulse

Plethysmogram and Pulse Rate (PR)
Measurement range: 30 – 250 beats per minute (bpm)
Resolution: 1 bpm
Accuracy: ± 3 bpm

SenTec Digital Monitor (SDM) – technical specifications

Weight

2.5 kg (5.5 lbs)

Size (HxWxD)

10.2 cm x 27.0 cm x 23.0 cm (4.00" x 10.63" x 9.06")

Compliance

IEC 60601-1, UL 60601-1, IEC 60601-1-1, IEC 60601-1-2, IEC 60601-1-4, IEC 60601-2-23, ISO 9919, ISO 10993, ISO 14971

Alarms/Indicators

Audible and visual indicators for high/low pCO₂, SpO₂, PR alarms and technical alarms. Audible and/or visual indicators (LEDs) for "Audible alarms muted permanently/temporarily", "SDM on/off", "AC power/battery".

Display/Indicators

640x240 pixel TFT Color Display. Trend graphs and numeric values of the measurement parameters. Plethysmographic waveform or blip bar presentation of the pulse. Status messages such as "Sensor off Patient", "Site time elapsed", "Battery low" or "Gas bottle empty" etc. Status icons for "Site Timer", "Battery", "Sensor Temperature", "Barometric Pressure", "Gas", "SDM Status", "Date and Time".

Interfaces

Digital output: RS/EIA 232; supported protocols SenTecLink / Philips Vuelink / Spacelabs Flexport / SenTec Datalogger
Analog output: 0 – 1 V from multipurpose I/O-port
Nurse-call capability

Patient Data Management

48-hours internal memory
"SenTec Datalogger" with 240-hours external memory (optional)
"V-STATS" (PC-software) to download, view, analyze and print patient data (optional)

ENVIRONMENTAL CONDITIONS

Transport/Storage

Temperature: 0 to 50 °C (32 to 122 °F) in shipping carton
Humidity: 10 to 95% non-condensing
Ambient pressure: 375 to 800 mmHg (500 to 1060 hPa)

Operation

Temperature: 10 to 40 °C (50 to 104 °F)
Humidity: 15 to 95% non-condensing
Altitude: -390 to 3658 m (-1280 to 12000 ft)
Ambient pressure: 525 to 800 mmHg (700 to 1060 hPa)

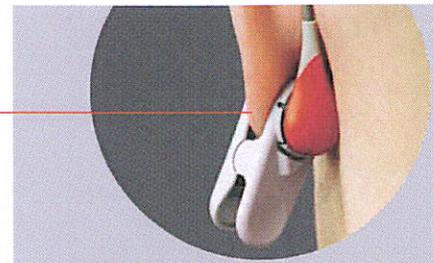
ELECTRICAL

Instrument

Instrument AC Power: 100 – 240 V (50/60 Hz)
Electrical Safety (IEC 60601-1): Class I, Type BF
Applied Part – Defibrillation Proof, IPX1

Internal Battery

Type: sealed Lilon battery
Battery capacity: 6 – 7 hours (new fully-charged battery)



Non-invasive monitoring with a single digital sensor

Carbon Dioxide Partial Pressure (pCO₂)

Oxygen Saturation (SpO₂)

Pulse - Plethysmogram and Pulse Rate (PR)

Highly accurate and fast measurement

Digital signal processing

Convenient and safe sensor application

Lightweight sensor head (< 3 g)

Maximum patient comfort

For adult and pediatric use

Wide range of applications

Intensive Care, Post Extubation, Respiratory Medicine, Titration of Ventilation, Conscious Sedation, PCA, Sleep Lab, Palliative Units, Titration of opioids and tranquilizers, COPD, Titration of oxygen, Intra-hospital Transport, Research Use etc.



TFT Color Display

Selectable Parameter Color

Ready for use

Integrated docking station stores and automatically calibrates the V-Sign™ Sensor

Cost-effective

Reduces the number of blood samples required to assess patients' ventilation and oxygenation

Your local distributor:



sentec
Single Sensor Monitoring

SenTec AG Phone +41 61 726 97 60
Ringstrasse 39 Fax +41 61 726 97 61
CH-4106 Therwil info@sentec.ch
Switzerland www.sentec.ch



¹ Clinical study data available on request.

² An algorithm proposed by JW Severinghaus is used to estimate arterial pCO₂ from the measured cutaneous pCO₂.

³ SpO₂ accuracy specifications are based on controlled hypoxia studies with healthy, adult volunteers over the specified saturation range.

Specifications are subject to change without notice