

Aspects fondamentaux des phénomènes vibratoires externes et internes. Définition, propriétés physiques et physiologiques.

Michel THUMERELLE

M.C.M.K, Directeur du Centre de rééducation respiratoire " Ste Barbe "

4, rue d'artois 62740 Fouquières Lez Lens -

Ce travail concernant les vibrations instrumentales en rééducation respiratoire s'inscrit dans la suite logique des travaux réalisés et publiés sur le même thème en 1982 par Rémi REMONDIÈRE puis en 1994 par THUMERELLE / ZAHM lors de la 1^{ère} conférence de consensus en rééducation respiratoire de Lyon.

Signalons d'emblée que la littérature sur le sujet fait état de très nombreux "points de vue" basés soit sur la traditionnelle perpétuité des travaux écrits, soit sur des argumentations non scientifiques émanant de constatations cliniques ou d'expériences personnelles.

Mieux étudiée en électrothérapie pour leur propriété sédatrice, décontractante, stimulante etc. l'utilisation à priori bénéfique des vibrations appliquées sur le thorax a été mise en évidence pour la première fois par ROWE chez le porcelet sans toutefois en préciser la fréquence ni l'amplitude. Depuis, les différents travaux scientifiques demeurent en tout cas "in vivo" très contradictoires. Les difficultés rencontrées dans l'analyse propre aux études physiologiques concernant les vibrations sont de deux ordres :

a)-soit les études associent d'autres méthodes de drainage (percussions, expirations rapides postures, etc.) ne permettant donc pas une analyse ciblée de la technique;

b)-soit l'étude porte "in vivo", et la complexité de l'analyse physique de la propagation vibratoire à travers la multiplicité des éléments anatomiques de l'ensemble thoraco-pulmonaire devient quasi impossible, car propre à chaque individu.

la littérature française s'accorde sans difficulté sur une définition physique de la vibration :
" On appelle mouvement vibratoire, un mouvement périodique plus ou moins rapide s'effectuant de part et d'autre d'une position d'équilibre. "

On distingue plusieurs sortes de phénomènes vibratoires :

*Les phénomènes vibratoires mécaniques :

- mouvement d'une branche de diapason médical (28Hz);
- mouvement de la terre autour du soleil;
- mouvements du balancier d'une horloge;
- mouvements du coeur d'un homme au repos.

*Les phénomènes vibratoires acoustiques :

- sons émis par les instruments de musique;
- le diapason musical (435Hz)

*Les phénomènes vibratoires électriques :

- courant alternatif

*Les phénomènes vibratoires magnétiques.

Notre propos concernera seulement les phénomènes vibratoires mécaniques.
notons que :

-le mouvement est dit périodique s'il se répète, identique à lui même, à des intervalles de temps successifs de même durée T ;

-l'intervalle de temps constant T est appelé période;

-les variations du phénomène vibratoire considérées pendant la période T constituent une oscillation du phénomène;

-on caractérise les périodes par leur fréquence, égale au nombre de périodes par seconde, cette fréquence se mesure en Hertz, fréquence évidemment liée à la période T du mouvement par la relation : $F=1/T$;

-enfin, l'amplitude caractérise en valeur absolue l'élongation maximale du mouvement (l'élongation étant, à chaque instant, la valeur algébrique de la distance du point mobile à sa position d'équilibre);

-la propagation d'un mouvement vibratoire correspond à un transport d'énergie qui se fait à une vitesse nommée célérité V . cette propagation pouvant, nous le verrons plus loin, s'amortir plus ou moins rapidement en fonction de la nature et de l'état actuel du milieu de propagation (pour nous le thorax!).

Propriétés :

On définira pour une onde propre à un phénomène vibratoire de fréquence f et d'une période T :

-Une vitesse de propagation ou célérité V

-une longueur d'onde : distance parcourue par l'onde progressive pendant une durée égale à la période T de la source vibratoire.

Ces ondes peuvent être réfléchies, réfractées, diffractées, transmises ou absorbées.

Réflexion et transmission :

lorsqu'un signal incident arrive à la séparation de deux milieux propagateurs, en général, il donne lieu simultanément à un signal réfléchi et à un signal transmis. La répartition entre ces deux signaux se faisant en fonction des propriétés des différents milieux propagateurs.

Réfraction :

Le changement de direction qui accompagne le passage d'une onde progressive d'un milieu 1 dans un milieu 2 est provoqué par l'inégalité des célérités V_1 et V_2 dans les milieux 1 et 2.

Diffraction :

Le phénomène que subit la partie de l'onde plane qui traverse la fente est appelée phénomène de diffraction. L'onde circulaire qui en résulte est une onde diffractée.

"Quels sont les effets des vibrations ?" :

leur véritable but serait un phénomène d'action-réaction visant à améliorer la clairance muco-ciliaire.

Ce mécanisme d'action-réaction peut se concevoir sous trois formes :

a) Absorption d'énergie vibratoire ;

b) Transmission d'énergie vibratoire ;

c) Amplification de l'énergie vibratoire par effet résonance.

a) Absorption d'énergie vibratoire : (effet "Silentbloc" des automobiles)

Dans ce cadre on peut facilement admettre que le système ostéo-articulaire du thorax et de son contenu, notamment avec le "vide pleural" représente un excellent amortisseur de la vibration externe appliquée, anéantissant la propagation vibratoire jusqu'à l'endroit souhaité, c'est à dire l'interaction air mucus.

b)Transmission d'énergie vibratoire : (effet "marteau piqueur")

Dans ce second cas, il semble en effet souhaitable que les vibrations soient réalisées en fin de temps expiratoire , au moment ou il y a moins d'air et ou le poumon plus dense transmettrait mieux l'énergie source.

Avec une forte amplitude il pourrait alors effectivement y avoir un phénomène de propagation direct sur la viscoélasticité du mucus, mais cela n'a pas été démontré. D'autant plus que la pression exercée de l'extérieur n'est pas en faveur de l'épuration bronchique.

c)Amplification de l'énergie vibratoire par effet résonance : (effet "pont Tacoma" ou soldats au pas sur un pont")

C'est sûrement là que se trouve le "rôle clef" des effets vibratoires. En effet cette voie d'explication la plus sensée expliquerait entre autre les différences de résultats obtenus "in vivo" dans la littérature en fonction des fréquences vibratoires émises.

Deux possibilités seraient proposées :

*La vibration externe entre en phase périodique avec la fréquence de battement des cils vibratiles (10 à 15 hertz), provoquant un effet résonance augmentant ainsi l'efficacité ciliaire.

*la vibration externe entre en phase périodique avec le spectre des fréquences de résonance naturelle élastique du système pulmonaire (5 à 50 hertz), elle-même dépendante de divers facteurs : (structure du système pulmonaire, volume pulmonaire, elastance et conductance du poumon, degré d'obstruction bronchique, asynchronisme ventilatoire etc.).

Il y a alors effet résonance augmentant l'effet interaction air- mucus dans la clairance mucociliaire.

"où, quoi, et comment vibrer ,":

Pour obtenir un phénomène de propagation vibratoire il faut nécessairement :

*un générateur ou source d'énergie émettrice :

*Un transmetteur ou intermédiaire :

-soit le système thoraco-pulmonaire, soit le système aérifère.

*Un récepteur à plus ou moins grande distance du pont d'application :

-interactions air-mucus-cils.

Bien sûr, il semble inconcevable d'appliquer "directement" sur les parois bronchiques, voire sur le mucus "in vivo" des vibrations mécaniques, ce qui est fort malheureux quand à l'intérêt thérapeutique de l'analyse des excellents travaux effectués par BOISSEAU.

Le but est donc bien une transmission d'énergie par propagation vibratoire qui peut se concevoir de deux façons :

*le point d'application source d'énergie est représenté par le contact le plus perpendiculaire possible vibreur instrumental/thorax du patient, et pour être efficace nous en connaissons maintenant les principes (fréquence et amplitude)

*le point d'application source d'énergie vient de l'amont du système aérifère (le système aérien étant par principe perméable de l'alvéole à la bouche). L'air vibré au niveau des voies aériennes supérieures pouvant ainsi se propager le long de l'arbre bronchique et avoir un effet direct sur l'interaction air-mucus.