

Marc Piquemal, Rodolfo Castellani

Analyse spectrale de la sphygmologie des artères radiales : importance des données actuelles dans la compréhension de la palpation des pouls chinois

Résumé : Une population à prédominance féminine (52%) de vingt-cinq personnes, d'horizons socioculturels divers et présentant différentes pathologies, d'âge moyen de 46 ± 18 ans est évaluée au moyen d'une tonométrie d'aplanation, appliquée sur les artères radiales droite et gauche. Une mesure quantitative de la forme d'onde artérielle est donc réalisée, par la tonométrie d'aplanation (Sphygmocor vx d'Atcormedical). L'analyse spectrale des signaux vasculaires révèle que le contenu informatif (distribution de la puissance spectrale) est différent pour chacun des sujets et qu'il est possible d'établir des tendances spectrales en relation avec le cadre clinique initial. Une étude corrélative permet de montrer que seul le spectre de puissance vasculaire, à gauche, est fortement dépendant de la tension artérielle homonyme, auprès de cette population caractérisée par une anisotension dominante. Malgré une perte de dimension informative importante, de l'ordre de 12 à 1, il semble prudent de pouvoir affirmer que la sphygmologie chinoise, avec ses 12 abords des artères radiales (6 à droites et 6 à gauche) permet une approche de l'état pathologique d'un sujet, au moyen de la perception de la forme d'onde du pouls radial bilatéral. **Mots-clés :** Sphygmologie chinoise - Tonographie d'aplanation - analyse spectrale de puissance de la forme d'onde vasculaire radiale.

Summary: Is it possible to give some scientific credit to the Traditional Chinese Medicine sphygmology? Based on tonography of aplanation, over 25 patients with different pathologies, a statistical study is attempted. Results coming from spectral analysis of vascular signal captured on the radial artery waves (both right and left) show that a common behavior of the power spectrum distribution exists, according to pathology. Despite the lack of resolution (12 levels for TCM pulsology) versus tonography (only 1), it seems reasonable to link change in radial arterial wave form to illness status. **Keywords:** Chinese sphygmology - Tonography of aplanation - radial vascular spectral power distribution.

Introduction

Dans un précédent article, nous nous étions intéressés à la sphygmologie chinoise et son approche par une technique occidentale, la tonométrie d'aplanation [11]. En effet, depuis quelques années sont apparues de nouvelles technologies exploratrices de la forme de l'onde radiale, présentant un intérêt aussi bien diagnostique que pronostique [1,2,3]. Affectés initialement à la détermination précoce des risques cardiaques (infarctus) ces outils destinés à l'étude de la forme d'onde du pouls radial, nous donnent une solide méthodologie d'approche quantitative de la sphygmologie radiale. Or selon la médecine traditionnelle chinoise (MTC), l'état énergétique d'un sujet peut être également évalué à partir de la sphygmologie radiale [4-8]. Moyennant la capture du tonus vasculaire assistée par ordinateur, un des avantages majeurs de la tonométrie d'aplanation est l'acquisition fiable et reproductible de données

représentant la variation de la pression artérielle sous la cellule du transducteur, au cours de chaque révolution cardiaque.

Le signal capté provient de la déformation des parois de l'artère radiale, dans sa gouttière, répondant au bolus de la pression sanguine propulsé lors de la systole. En fait l'onde dicrote rassemble deux types d'information et sa forme, combinaison d'un double dôme, en est la résultante (figure 1). Le premier pic est d'origine centrifuge. Il correspond à une hausse de pression artérielle exercée par la contraction du ventricule sur le fluide sanguin, au cours de la systole. Le deuxième, centripète, revient à la contre-pression sanguine. Il est issu du retour de l'onde sanguine qui, comme un écho, suite à la résistance au passage du flux sanguin lors de chaque division de l'arbre vasculaire et à la rigidité des parois artérielles rencontrée (compliance), revient vers le cœur (voir figure 2).

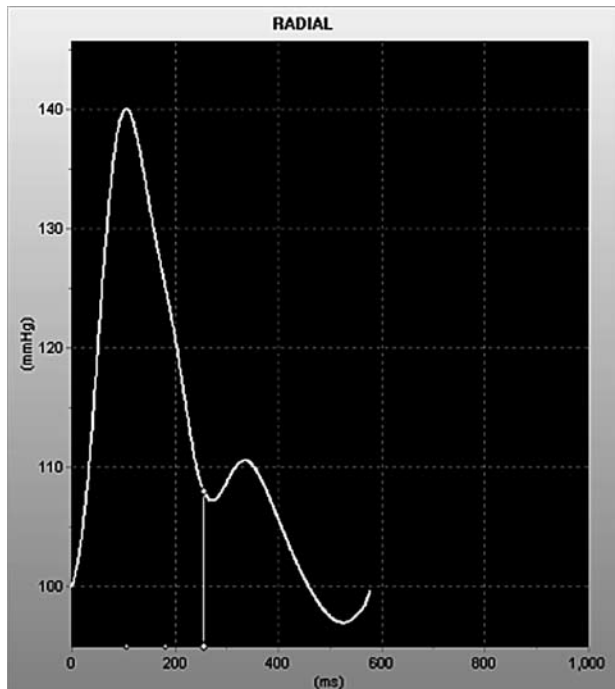


Figure 1. Enregistrement de l'onde dicrote. Courbe de la variation de la pression sanguine artérielle versus temps, capturée dans la gouttière radiale.

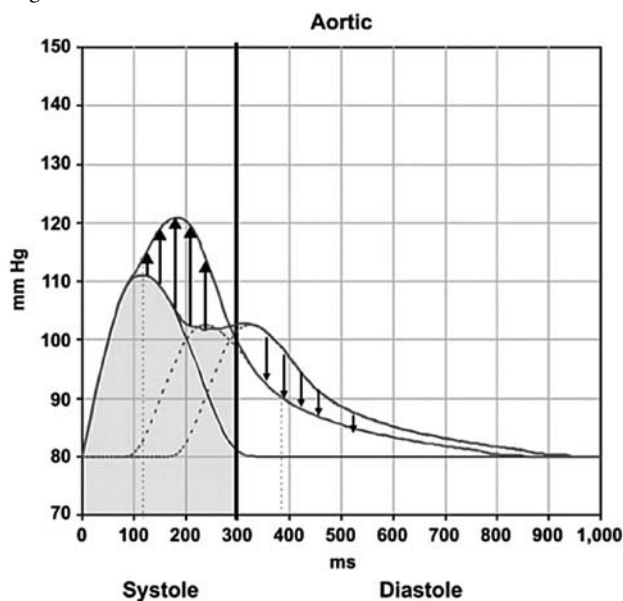


Figure 2. Mécanisme de la formation de l'onde dicrote, résultante de la pression ventriculaire et de la contre-pression des parois de l'arbre vasculaire sur la dynamique du fluide sanguin. (Extrait d'Atcor medical).

Mais ce signal, si fiable au moment de sa capture, est-il durable dans le temps à court terme ? Utilisé comme un indicateur cardiaque, peut-il nous donner des informations sur l'état général du sujet, comme le souligne la MTC ?

Matériel et Méthode

Matériel

L'analyse de la forme d'onde requiert une technologie spéciale car il s'agit de capturer le plus fidèlement possible, une forme d'onde vasculaire qui dépend à la fois du praticien, de la qualité du capteur, des contingences liées à l'état du réseau artériel du patient. L'avènement de la tonométrie d'aplanation permet cette prouesse. Nous avons confié à l'entreprise Atcor medical ce soin [1]. Doté d'un capteur transducteur, fonction de la déformation géométrique de sa membrane en céramique, directement posé sur l'artère radiale il est alors possible d'enregistrer la forme d'onde vasculaire (relation pression/temps). Ce processus de capture est assisté par un programme informatique qui évalue constamment la fidélité des captures (au moins 11 courbes pression/temps reproductibles). Un coefficient de reproductibilité de l'enregistrement garantit la qualité du signal obtenu (entre 95 et 100%) (figure 3).



Figure 3. Matériel de capture du pouls radial.

La mesure de la pression artérielle, nécessaire à la mise en fonction de l'équipement Atcormedical, le sphygmocorvx, est réalisée au moyen d'un tensiomètre à mercure. L'analyse des signaux digitalisés de pression versus temps se fait par la transformée de Fourier, issue d'un programme écrit avec MATLAB [9].

Méthode

L'étude de la forme d'onde des artères radiales droite et gauche porte sur vingt-cinq personnes, souffrant pour 50% de parasitoses, 20% de cancer, 20% de syndrome métabolique et 10% de stress. La moyenne d'âge est de 46 ± 18 ans, avec prédominance féminine de 52%.

Le protocole de recherche, dans un environnement très proche de celui du calcul du métabolisme de base, s'établit comme suit :

- 10 minutes de repos assis sur une chaise
- Première capture de l'artère radiale droite puis la gauche
- Seconde capture dans un intervalle de temps de moins de 10 minutes par rapport au premier enregistrement, pour analyser la stabilité du signal
- Une session d'acupuncture en fonction de la pathologie trouvée cliniquement, d'une durée de 10 minutes.
- Troisième capture du signal vasculaire périphérique bilatéral.
- Quatrième prise du signal vasculaire, destinée à l'analyse de stabilité du signal vasculaire.

Nous obtenons, en fin de protocole, huit signaux artériels radiaux (droite et gauche) au cours de ces quatre captures, pour chacun des vingt-cinq sujets. Ces informations (variation de la pression artérielle versus temps) sont secondairement transformées dans le domaine des fréquences, par une transformée de Fourier.

Résultats

La variation de la pression artérielle périphérique, comme nous l'avons vu, est un signal complexe, variable dans le temps, provenant, selon notre connaissance actuelle de différents facteurs à court terme et à long terme (âge). Le flux sanguin, propulsé au cours de chaque révolution cardiaque le long de l'arbre vasculaire répond à la fois aux exigences physiologiques locales et à celles temporelles générées par la dynamique du corps humain dans son environnement.

Stabilité du signal artériel sur une courte durée (inférieure à 10 minutes)

La première question qui vient naturellement à l'esprit est celle de la stabilité de la forme de l'onde artérielle radiale, stabilité à très court terme, sur dix minutes.

Pour répondre à cette question, a été réalisée une étude statistique sur la distribution de l'analyse spectrale (test d'An-sari-Bradley et de Kruskal Wallis) des signaux artériels radiaux. Sur les vingt-cinq sujets, en comparant les signaux artériels homonymes entre eux, seuls onze participants changent de distribution spectrale, de manière significative ($p < 0,05$) au cours de ce laps de temps de dix minutes.

Une étude plus détaillée de la somme des énergies de la pression artérielle radiale, accumulées au cours de chacun des onze cycles d'études, nous apporte un élément-clé : elle varie au cours du temps, à brève échéance (quelques minutes).

Quelles en sont alors les caractéristiques spectrales ?

Le maximum de puissance se situe autour de 0,5 Hz correspondant au travail du ventricule gauche soit 16 -18% de la puissance spectrale totale enregistrée par le tonomètre. Plus le sujet est sain et sportif, plus la plage de fréquences qui renferme 90% de l'énergie totale est large (généralement s'étend de 0 à 9,5 Hz, mais pouvant atteindre 13 Hz). Le spectre du sportif a donc tendance à s'étaler, celui du stressé à se réduire, au même titre que celui présentant de forts désordres immunitaires (de 0 à 5,5 Hz).

La plage de fréquences qui renferme jusqu'à 70% de l'énergie totale est représentée par le premier tiers de la plage spectrale totale de fréquence du sujet, ici 0-64 Hz par pas de 0,5 Hz, pour une vitesse d'échantillonnage de 128 Hz.

Le contenu énergétique de la plage spectrale est donc loin d'être homogène comme l'annonce sa représentation graphique dans le domaine du temps, figure 2.

C'est donc en observant ces premiers résultats qu'il est possible de juger de l'état énergétique du patient, à partir de l'étude spectrale de son pouls radial, saisi le plus souvent sur la «barrière du Pouls» (figure 4).

Face à la variation de l'énergie totale du pouls à court terme, que pouvons nous tirer de cette observation ? Généralement, on remarque que plus le sujet est sain, plus sa tension artérielle est stable et l'énergie spectrale totale de pression sanguine est basse. Plus il existe du stress ou des pathologies impliquant le système immunitaire (cancer, maladie auto immune par exemple),

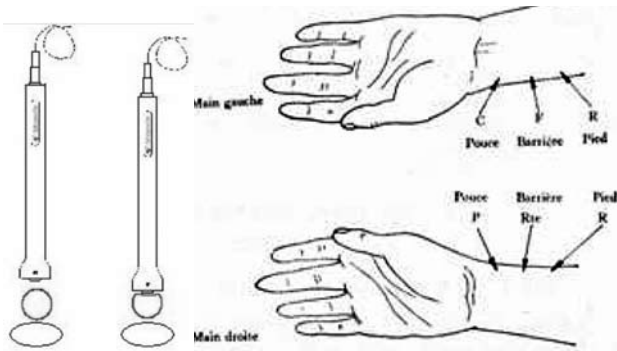


Figure 4. Principe de la tonographie d'aplanation et position de capture du pouls en sphygmologie chinoise selon le *Neijing*.

plus le facteur énergétique total affiche des valeurs hautes, du fait de la dysrégulation neurovégétative sous jacente (tableau I).

Tableau I. Exemples de valeurs moyennes de la puissance énergétique artérielle radiale totale, dans le cas de sujets cliniquement sains, affectés par des pathologies chroniques, stressés ou atteints de cancer digestif.

Valeurs spectrales énergétiques totales capturées sur le pouls radial			
Sujets sains	Pathologie chronique	Stress	Cancer digestif
3200	4000	180 000	200 000

Les spectres de pression artérielle radiale variant à court terme, nous nous proposons de révéler leur variation, en réalisant un tableau nommé « vecteur de différence spectrale des énergies vasculaires » pour chaque fréquence de ce spectre (de 0 – 64 Hz, par pas de 0,5 Hz). Ce tableau, d'une seule ligne par 128 colonnes, regroupe pour chacune des demi-fréquences, la puissance associée correspondante. Le résultat de chacune des différences opérées entre puissances spectrales associées peut être de signe positif ou négatif. Pour chaque cellule, nous procédons selon la formule puissance initiale – puissance finale (soit 10 minutes après). Chez un sujet affecté par des pathologies systémiques telles que les parasitoses, nous observons une modification globale du signe de toutes les cellules de ce tableau, dans le même sens : soit le signe est positif (valeur de la puissance initiale supérieure à la valeur finale) soit il est négatif (valeur de la puissance finale supérieure à celle initiale). Dans tous ces cas, il semble que la variation de pression artérielle trouve un arbre vasculaire répondant globalement soit par une augmentation, soit par une réduction du tonus vasculaire (figure 5).

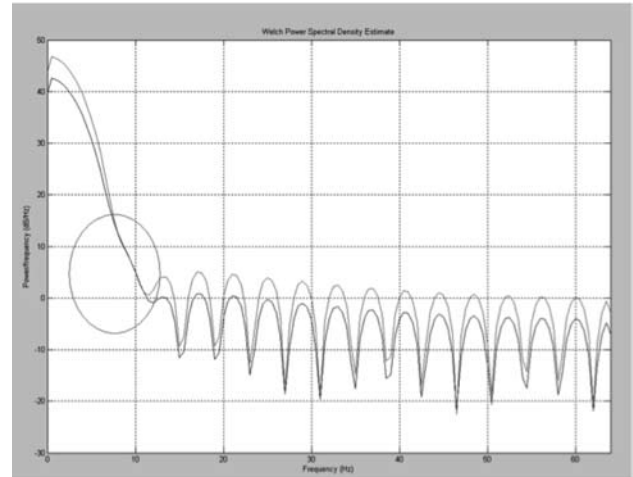


Figure 5. Analyse spectrale des deux courbes de pression artérielle, à dix minutes d'intervalle. On note l'homogénéité des puissances relatives à chacune des deux courbes de pression.

Par contre, dans le cas de pathologies plus « lourdes » telles que les maladies auto-immunes ou certains cancers, le vecteur « différence spectrale de pression artérielle radiale » regroupe aussi bien des valeurs positives que négatives. Tout se passerait alors comme si certains segments du réseau vasculaire, pour des mécanismes physiologiques non éclaircis, n'intégraient pas la dynamique vasomotrice globale et donc seraient responsables de l'hétérogénéité en signe, du tableau (figure 6).

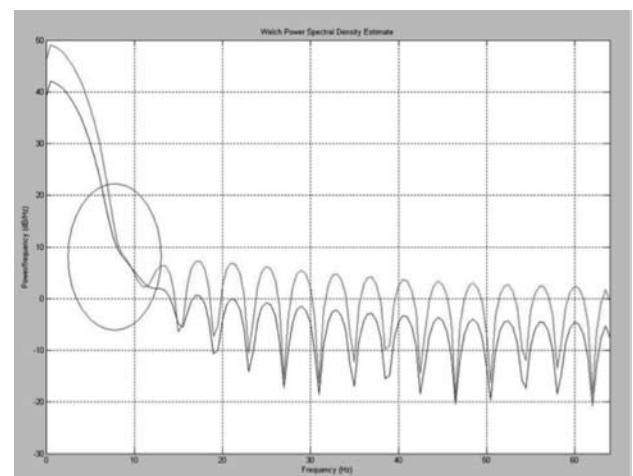


Figure 6. Analyse spectrale sur dix minutes d'intervalle du même pouls radial. Hétérogénéité dans la variation des puissances correspondantes aux deux courbes de pression artérielle. Celles-ci représentent un entrecroisement au début du spectre (zone démarquée par un cercle).

On voit nettement un chevauchement des deux spectres de pression radiale pris sur 10 minutes, dans le cas de sujets avec désordres immuns sévères, pour les fréquences de 7 à 12 Hz.

Les puissances totales du spectre de pression artérielle radiale droite et gauche sont elles en relation directe avec la prise de tension artérielle humérale ?

Une étude corrélative est donc mise en place. Sont enregistrées les valeurs maximales et minimales aussi bien à droite qu'à gauche, notant que pour l'ensemble de ce groupe apparaît une anisotension artérielle. Le coefficient de corrélation, détermine la force d'une relation de dépendance entre deux variables. Plus sa valeur se rapproche de 1 et plus forte est la relation qui lie ces deux variables, 0,5 représentant la valeur seuil. Pour aussi surprenant que cela puisse paraître, cette étude révèle que la tension maximale humérale gauche est, seule, fortement en relation avec la puissance spectrale totale de l'onde vasculaire radiale gauche. Voir tableau II.

Discussion

Notre propos est d'éclairer une des bases de l'évaluation de l'état énergétique d'un patient, fondée sur la prise du pouls, décrite par la médecine traditionnelle chinoise. Si la tonométrie d'aplanation permet d'en quantifier l'approche, elle présente cependant quelques obstacles, dont un majeur : la perte de dimensions. En effet, la sphygmologie chinoise permet d'établir un diagnostic ainsi que d'assurer le suivi thérapeutique au travers de douze pouls (six à droite et six à gauche, répartis sur deux niveaux de pression cutanée). Par son tact, l'exploration sensitive du praticien explore sur deux niveaux de profondeur, le contenu informatif du pouls au travers de sa fluctuation. Nous sommes donc

en présence d'un haut degré de complexité d'un signal vasculaire fractionné dont la reconstruction se réalise intégrant douze perceptions. La tonographie d'aplanation, elle, par ses exigences techniques n'en présente qu'un, qu'elle, certes, quantifie !

La prise de la pression humérale, bilatérale, révèle, que sur un ensemble de patients, plus de 90% d'entre eux présentent une anisotension artérielle. De multiples expériences nous ont appris que dans ces cas, l'intégralité du rachis, en tant que structure osseuse, n'est pas respectée. Que devons nous attendre de la qualité de la réponse neurologique de régulation dans ces cas-là, comme en témoigne le coefficient de corrélation entre la puissance totale du signal vasculaire versus la pression artérielle du côté gauche ?

Les premiers résultats montrent qu'il existe un contenu informatif vasculaire intéressant, en relation avec certains axes de la pathologie. Il est révélé par l'analyse spectrale de la forme d'onde artérielle radiale. La levée d'obstacles imposée par la technologie devrait permettre d'augmenter les dimensions de ce contenu informatif.

Conclusion

Une population à prédominance féminine (52%) de vingt-cinq personnes, d'horizons socioculturels divers et présentant différentes pathologies, d'âge moyen de 46 ± 18 ans est évaluée au moyen d'une tonométrie d'aplanation, appliquée sur les artères radiales droite et gauche. Une mesure quantitative de la forme d'onde artérielle est donc réalisée, par la tonométrie d'aplanation (Sphygmocor vx d'Atcormedical). L'analyse spectrale des signaux vasculaires révèle que le contenu informatif est différent pour chacun des sujets et qu'il est possible d'établir des tendances spectrales en relation avec le cadre clinique initial. Une étude corrélative permet de montrer que seul le spectre de puissance vasculaire, à

Tableau II. Coefficient de corrélation entre la puissance spectrale vasculaire radiale droite totale et la pression artérielle humérale gauche pour l'ensemble de notre population.

Artère humérale	droite
TA Max	TA Min
Puissance totale vasculaire radiale à droite	Puissance totale vasculaire radiale à droite
	0,19

Artère humérale	gauche
TA Max	TA Min
Puissance totale vasculaire radiale à gauche	Puissance totale vasculaire radiale à gauche
	-0,26

gauche, est fortement dépendant de la tension artérielle homonyme, auprès de cette population caractérisée par une anisotension dominante. Malgré une perte de dimension informative importante, de l'ordre de 12 à 1, il est possible d'affirmer que la sphygmologie chinoise, avec ses douze abords des artères radiales (six à droites et six à gauche) permet une approche de l'état pathologique d'un sujet, au moyen de la perception de la forme d'onde du pouls radial bilatéral.



Dr Marc Piquemal
Casilla Correo 2899
Asuncion Paraguay
✉ piquemal@gmail.com



Rodolfo Castellani
Ingénieur Informaticien
Casilla Correo 2899
Asuncion Paraguay
✉ rodolfo.castellani@gmail.com

Conflit d'intérêts des auteurs : aucun.

Références

1. Atcor Medical. Available from: URL: http://atcormedical.com/sphygmocor_px.html.
2. Nelson M.R., Stepanek J, Covalciuc M, Hurst R.T. Noninvasive Measurement of Central Vascular Pressures With Arterial Tonometry: Clinical Revival of the Pulse Pressure Waveform? *Mayo Clinic Proceedings* May 2010; 85(5): 460-472.
3. Millasseau SC, Guigui FG, Kelly RP, et al. Noninvasive assessment of the digital volume pulse: comparison with the peripheral pressure pulse. *Hypertension*.2000; 36(6): 952-956.
4. Duron A. Essai sur la pulsologie selon l'ouvrage de Li Tche Tchenn. Méridien, 1977; 34-40:11-21
5. Chamfrault A. Hoan Ti Neiking So Ouenn, translated by A. Chamfrault, *Traité de la médecine chinoise*. Angoulême: ed. Chamfrault; 1981.
6. Borsarello J.F. *Pulsologie chinoise traditionnelle*. Paris: Masson; 1992
7. *Binhu Maixue*, *Traité des pouls de Li Shi Zhen*. Traduit par Catherine Despeux. Ed. de la Tisserand; 1987.
8. Duron A. Essai sur la pulsologie d'après l'ouvrage de Li Che Tchenn. Méridiens. 1977;39-40:11-21
9. Matlab. Available from URL: <http://www.mathworks.com/products/matlab/>
10. Piquemal M, Sautreuil P, Stéphan JM. Sphygmologie moderne et chinoise. *Acupuncture & Moxibustion*. 2009;8(1): 47-55.