

ÉTUDE LONGITUDINALE DE L'HÉMODYNAMIQUE ARTÉRIELLE MÉSÉNTÉRIQUE CHEZ LE NOUVEAU-NÉ PRÉMATURÉ STABLE EN ALIMENTATION ENTÉRALE

O. BATTISTI¹, L. WITHOFS¹, A. ADANT-FRANÇOIS¹, J.M. BERTRAND¹, M. KALENGA¹,
J.P. LANGHENDRIES¹, F. PIÉRART¹ et B. REDING¹

Mots clefs: prématurité, alimentation, Doppler, circulation mésentérique

RÉSUMÉ

Chez le nouveau-né sain, l'alimentation est généralement mise en route sans trop de difficultés. Elle peut être problématique chez l'enfant instable, car celui-ci peut avoir une mauvaise perfusion du mésentère. Ce travail analyse, par la technique du Doppler pulsé combiné au scan anatomique du vaisseau, l'hémodynamique artérielle du tube digestif chez des prématurés stables en alimentation entérale durant les premières semaines de la vie. Il propose des valeurs normatives de vitesses recueillies au niveau du tronc cœliaque (TC) et de l'artère mésentérique supérieure (AMS). Les vitesses systoliques (VS) et les vitesses moyennes (VM) sont statistiquement corrélées au poids corporel de l'enfant et à son âge postnatal. L'âge postnatal influence peu les vitesses au niveau du TC. Mais il influence fortement les VS et les VM au niveau de l'AMS. L'examen des VS de l'AMS qui reflètent le flux sanguin des intestins, peut aider le clinicien à apprécier la perfusion mésentérique, et donc être utile dans la décision de démarrer, suspendre ou reprendre l'alimentation entérale chez l'enfant instable.

INTRODUCTION

A la naissance, le nouveau-né présente des modifications majeures dans les fonctions respiratoire et circulatoire (1, 2). Ces modifications sont marquées notamment par des changements de flux sanguins tissulaires (FST). Les poumons, les reins et le tube digestif sont des tissus dont le FST augmente considérablement. Cela se fait rapidement pour les poumons, et progressivement pour les deux autres organes. Elles sont aussi marquées par des fermetures de shunts nécessaires durant la vie foetale: le canal artériel, le

foramen ovale et le canal d'Arantius (2-4). Dans des conditions normales, l'alimentation se fait par voie entérale, et ce de manière progressive chez le nouveau-né. Lorsque la naissance est entravée dans les adaptations respiratoire, circulatoire et métabolique, la distribution des FST peut être modifiée: les FST concernant le système nerveux central, le myocarde et les surrénales seront privilégiés, mais d'autres tissus (tels le tube digestif, les reins, les muscles, la peau, voire les pou-

¹ Médecine Néonatale Intensive et Médecine des Enfants, Centre Hospitalier Saint-Vincent et Sainte-Elisabeth, 207, rue Fr. Lefèbvre, 4000 Rocourt.

mons) le seront moins. *L'asphyxie, la détresse respiratoire et la détresse circulatoire, quelle qu'en soit l'origine, sont des causes classiques de ces perturbations.* La réduction du FST du tube digestif, voire du foie, est une situation physiopathologique fréquemment rencontrée en médecine intensive. L'entérocolite nécrosante est une situation extrême dans ce genre de perturbations et qui a une physiopathologie complexe (1, 2, 5-7).

Le but de ce travail est d'analyser, de manière prospective, l'hémodynamique artérielle du tube digestif par la méthode du Doppler combiné à l'ultrasonographie chez des nouveau-nés stables afin d'établir des valeurs de références. En effet, le Doppler est une technique fiable pour évaluer la circulation mésentérique. Elle pourrait être utile pour le clinicien lorsqu'il s'agit de démarrer ou de reprendre une alimentation entérale chez un nouveau-né ayant présenté un état pouvant perturber la perfusion mésentérique.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

L'étude prospective concerne 29 nouveau-nés.

Les critères d'inclusion étant:

- l'absence d'asphyxie à la naissance ou d'encéphalopathie post-hypoxique selon le score d'Apgar ou les critères cliniques et électrophysiologiques dans la classification de Sarnat et Sarnat (8),
- l'absence de détresse respiratoire ou circulatoire (aucun besoin d'oxygène ou de toute forme d'assistance respiratoire, aucun besoin d'améliorer la tension artérielle par des inotropes ou des colloïdes),
- l'absence de malformation, clinique ou échographique.

Pour être inclus dans cette étude, leur croissance fœtale, telle que jugée à la nais-

ce, doit s'être déroulée sans retard ni excès selon les courbes de Lubchenco: le poids corporel ou indice pondéral sont compris entre les percentile 10 et 90.

A la naissance, les paramètres anthropométriques sont les suivants (valeurs médianes et bornes): un âge gestationnel de 36 semaines (28-38.5), un poids de 2040 g (1050-2500), une taille de 45.5 cm (37-49), un périmètre crânien de 31.5 cm (28-33.2). L'alimentation est entérale et doit se dérouler sans difficultés, sinon ils sortent de l'étude. La durée d'hospitalisation (valeur médiane et bornes) est de 3.5 semaines (1-8).

L'alimentation est faite en repas fractionnés sur la journée (un repas toutes les 3 heures), avec une augmentation progressive des apports en fonction du poids à la naissance, de la tolérance et de l'âge postnatal. L'augmentation quotidienne est, en moyenne, de 24 ml/kg/j (bornes: 8-32 ml/kg/j).

L'analyse de l'hémodynamique artérielle digestive est réalisée par une sonde couplant l'anatomie en temps réel (7.5 MHZ) et le Doppler pulsé (5 MHZ) au niveau du tronc cœliaque (TC) et de l'artère mésentérique supérieure (AMS). Les mesures sont réalisées à mi-distance horaire entre deux repas et en stade d'éveil calme aux âges suivants: à 12 heures de vie et aux jours 1, 3, 7, 10, 14, 17, 21, 28, 35, 42. Au total, 277 évaluations sont réalisées. Pour chacune des analyses, les vitesses systoliques (VS), diastoliques (VD) et moyennes (VM) sont mesurées, et l'indice de résistance ($IR = [VS-VD/VD]$) est calculé.

RÉSULTATS

L'alimentation entérale complète est atteinte à 10 ± 1 jours de vie. Les évolutions anthropométriques et les apports moyens durant le séjour sont les suivants:

- des gains hebdomadaires en taille = 0.95 ± 0.6 cm;

- des gains hebdomadaires en poids = 160 ± 61 g;
- des gains hebdomadaires en PC = 0.95 ± 0.4 cm;
- pour des apports en kcal/kg/j = 127 ± 43 ;
- des apports en protéines/kg/j = 2.24 ± 0.34 g.

Les *vélocités* obtenues au niveau du TC et de AMS sont exprimées en cm/sec. Comme l'autorégulation de la circulation mésentérique n'est généralement présente qu'après le 3^e ou 4^e jour de vie (voir infra), cette notion a été prise en considération dans la répartition des analyses.

1. AU NIVEAU DU TRONC CÉLIAQUE

1.1. *On trouve une corrélation avec le poids corporel (P en kg):*

< 4 jrs: VS cm/sec = $17.8 P \text{ kg} + 8.5$
(DS = 9, r = 0.77);

VM cm/sec = $4.7 P \text{ kg} + 5.5$
(DS = 1, r = 0.96);
IR = 0.68 - 0.8.

> 3 jrs: VS cm/sec = $23.2 P \text{ kg} + 4.7$
(DS = 2.6, r = 0.985);

VM cm/sec = $11.4 P \text{ kg} + 1.2$
(DS = 2, r = 0.95);
IR = 0.45 - 0.51.

1.2. *On trouve une corrélation liée à l'âge postnatal en jours (APN):*

VS cm/sec = $0.273 \text{ APN} + 26$
(DS = 1.2, r = 0.98);

VM cm/sec = $0.02 \text{ APN} + 12.5$
(DS = 0.07, r = 0.95).

2. AU NIVEAU DE L'ARTÈRE MÉSENTÉRIQUE SUPÉRIEURE

2.1 *On trouve une corrélation avec le poids corporel (P en kg):*

< 4 jrs: VS cm/sec = $4 P \text{ kg} + 9$
(DS = 1.7, r = 0.986),

VM cm/sec = $4.7 P \text{ kg} + 6$
(DS = 3.3, r = 0.95),

IR = 0.62 - 0.95.

> 3 jrs: VS cm/sec = $10 P \text{ kg} + 38$
(DS = 13, r = 0.98),

VM cm/sec = $4.2 P \text{ kg} + 14.4$
(DS = 2.5, r = 0.96),

IR = 0.6 - 0.9.

2.2. *On trouve une corrélation avec l'âge postnatal en jours (APN):*

VS cm/sec = $4.1 \text{ APN} + 12.5$
(DS = 17.5, r = 0.8),

VM cm/sec = $0.53 \text{ APN} + 13$
(DS = 2.3, r = 0.9).

Les représentations graphiques de telles valeurs sont données en annexe.

L'âge postnatal influence quantitativement peu les *vélocités* au niveau du TC: les VM restent comprises entre 12 et 14 cm/sec (avec un coefficient de variation ou CV = 1%), et les VS restent comprises entre 22 et 40 cm/sec (CV = 8%). Par contre, il influence beaucoup plus les VS au niveau de l'AMS: les VS s'accroissent de 4 cm/j (CV = 56%). Il influence aussi, mais de manière moins marquée, les VM au niveau de cette même artère: VM s'accroît de 0.6 cm/j (CV = 23%). En ce qui concerne les IR, ils diminuent significativement après trois jours de vie au niveau du TC, mais ils restent pratiquement les mêmes au niveau des AMS.

DISCUSSION DES RÉSULTATS

La littérature a toujours montré de l'intérêt pour la circulation mésentérique chez le nouveau-né (9-19). L'importance de la nutrition pour le devenir de l'enfant a aussi largement été démontrée (3, 4, 20, 21). L'analyse de l'hémodynamique mésentérique par le Doppler reste sous-utilisée, alors qu'elle a été montrée être d'une grande fiabilité. Cette technique, que nous croyons n'être pas trop difficile pour le clinicien et qui pourrait être plus fréquemment utilisée, fait appel à des repères physiologiques et anatomiques.

1. L'AUTORÉGULATION DU FLUX SANGUIN MÉSENTÉRIQUE

Comme dans tout tissu, la circulation mésentérique essaie de répondre aux besoins métaboliques du tube digestif. Cette véritable *autorégulation du flux sanguin mésentérique (FSM)* repose sur un réflexe myogénique contrôlé essentiellement par les hormones sécrétées par le tube digestif (cholécytokinine, enteroglucagon, neurotensine, peptide intestinal vasoactif, bombésine, gastrine, substance P, motiline). Cette autorégulation ou cette réponse adaptée n'est pas présente avant quatre jours de vie, probablement à cause de l'effet combiné du pic postnatal en catécholamines et du shunt à travers le canal artériel (12). De plus, certains facteurs peuvent venir s'ajouter et perturber l'autorégulation du FSM. Parmi ceux-ci, il a été démontré une influence significative pour les facteurs suivants: un retard de croissance intra-utérin concernant surtout le poids, l'administration de beta-bloquants chez la mère pendant la grossesse, la prématurité, une prise de cocaïne par la mère, un cathéter ombilical artériel en place depuis plus d'une semaine, l'administration au nouveau-né d'indométhacine, de PGE2 et de xanthines, des anomalies sanguines telles qu'une acido-

se, une hémoglobine supérieure à 23 g/dL, une osmolalité supérieure à 350 mosm/L, des phases d'hypoxie répétées ou un seul épisode d'une durée supérieure à 90 minutes, toute cause de mauvaise circulation générale: phases hypotensives, hémorragie (1, 2, 5-7, 9-19).

Chez le nouveau-né humain, le FSM représente 11-12% (durant la vie foetale) et environ 40% (durant la vie postnatale) du débit cardiaque. Le flux sanguin cérébral représente respectivement 25% (durant la vie foetale) et 10-12% (durant la vie postnatale) du débit cardiaque.

2. DONNÉES ANATOMIQUES

L'irrigation artérielle des structures digestives se fait de la manière suivante:

- le TC irrigue l'estomac et le duodenum,
- l'AMS irrigue le jéjunum, l'iléon, le côlon ascendant et le côlon transverse,
- l'artère mésentérique inférieure irrigue le côlon descendant et le rectum.

Sur le plan pratique, l'artère digestive la plus intéressante en néonatalogie est l'AMS.

La masse du tractus digestif représente 12-18% du poids corporel; elle est comparable à celle du cerveau (14-15%), alors que la masse du foie égale 4%, du poids corporel. En cas de retard de croissance intra-utérin portant surtout sur le poids corporel (forme la plus fréquente et signant des conditions de flux placentaire difficiles), les poids de différents tissus (surtout les muscles squelettiques, la graisse blanche, le tractus digestif, le pancréas et le foie) seront réduits à des degrés divers.

3. TECHNIQUE

En ce qui concerne l'abord des vaisseaux par la technique du Doppler, ceux-ci sont

facilement repérés lorsqu'il y a un couplage avec l'aspect anatomique par échographie. Mais ils le sont aussi lorsqu'on utilise une sonde Doppler isolément.

Celle-ci doit être placée sur la ligne médiane, à 0.5 cm en dessous de l'appendice xyphoïde, perpendiculairement à la peau (fig. 1). Il faut ensuite la faire glisser vers le



Fig. 1
AMS (Abord clinique).

bas. Le premier signal obtenu sera celui donné par le TC et, juste un peu plus bas, le deuxième signal sera donné par l'ASM. Il n'y a aucune possibilité d'erreur. La seule difficulté, valable pour les deux sortes d'abord (Doppler isolé ou combiné) réside dans les mouvements de la paroi abdominale antérieure de l'enfant et ses pleurs éventuels, sources de parasites acoustiques. L'usage de la succion est recommandé.

4. CONCLUSIONS POUR LE CLINICIEN À PARTIR DES DONNÉES FONCTIONNELLES ET ANATOMIQUES

Comme il n'est pas toujours facile pour le clinicien de connaître la perfusion mésentérique, nous proposons d'utiliser la technique du Doppler pour évaluer l'hémodynamique artérielle en analysant plus particulièrement la mésentérique supérieure. Le présent tra-

vail donne des valeurs normatives de VS, VM et IR en fonction du poids corporel et de l'âge postnatal valables pour une sonde cadencée à 5 MhZ, de manière pulsée. Si le clinicien devait utiliser une sonde cadencée à 5 MhZ de manière continue les valeurs normatives décrites plus haut auront des valeurs 20% plus basses. A cause du principe physique régissant l'effet Doppler, pour utiliser des valeurs normatives par cette technique, il faut veiller à utiliser les mêmes types de sonde (cadences continues ou pulsées) et les mêmes fréquences de cadence de la sonde (plus la fréquence est basse, plus la précision dans l'analyse des vitesses est élevée). A titre illustratif, nous donnons les graphiques des valeurs normatives en annexe.

Une autre manière, simple et pratique, est d'utiliser l'approche préconisée par Fang et collaborateurs (19). Elle ne dépend pas du type ou de la fréquence de la sonde utilisée et se réalise de la manière suivante:

On mesure la VM au niveau de l'ASM avant (= valeur de base) de donner un petit bolus gastrique de lait maternel (0.5 - 1 ml), et à nouveau 15 minutes après celui-ci. Une augmentation de 28% ou plus de la valeur de base de la VM prédit une bonne tolérance de l'alimentation entérale chez le nouveau-né instable. Une valeur plus basse de 30% de la valeur de base pendant plus de 90 minutes s'accompagne d'une atteinte de la muqueuse intestinale et fait craindre une entérocologie (12, 13).

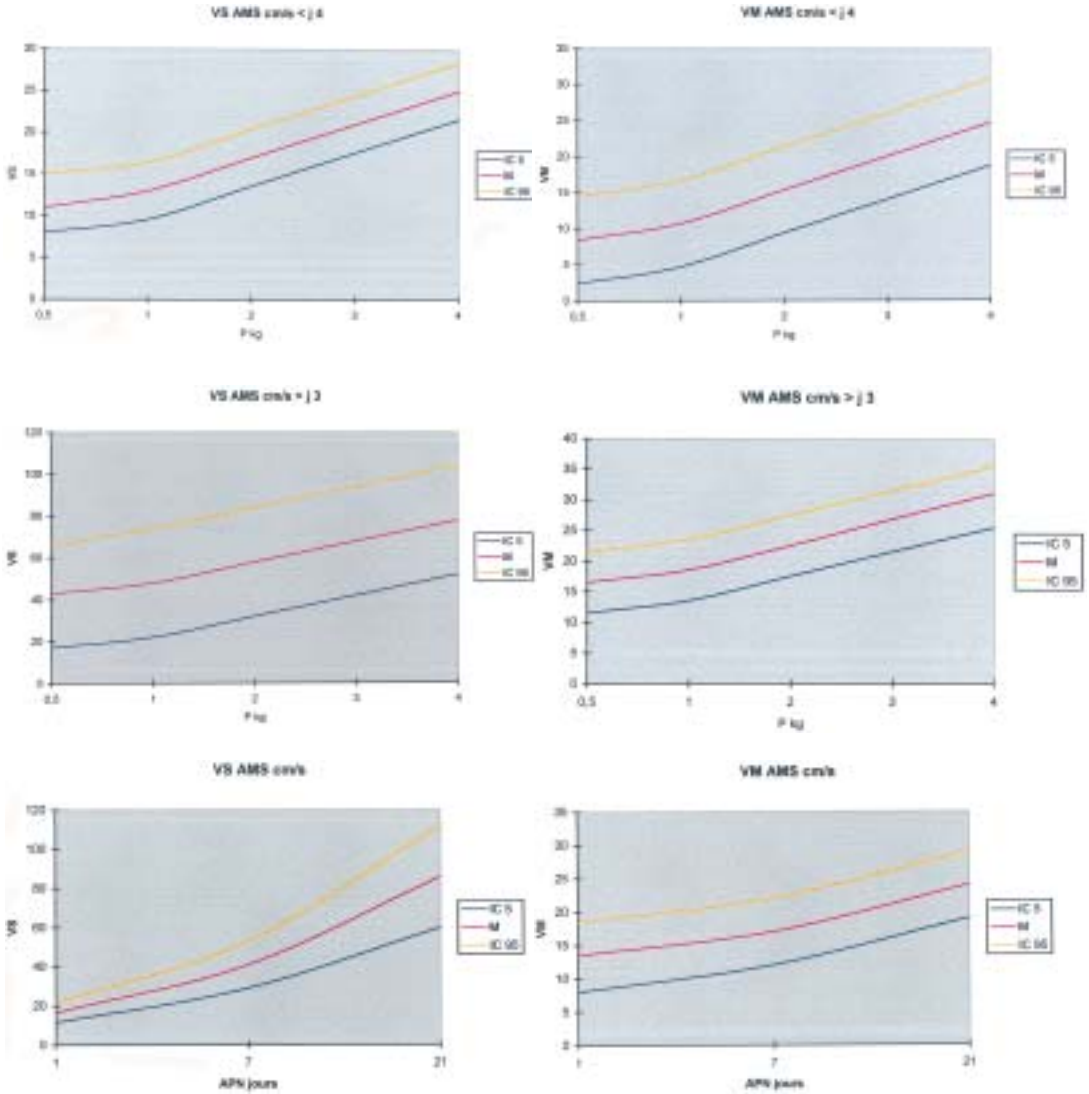
ANNEXES

Courbes des valeurs normatives des vitesses sanguines au niveau de l'artère mésentérique supérieure (AMS) en fonction du poids corporel (P en kg): en faisant la distinction avant et après le 4^e jour de vie (voir texte); de l'âge postnatal (APN en jours).

Les données concernent les composantes systoliques (VS) et moyennes (VM).

Les valeurs sont exprimées en cm/s, et représentent les données moyennes ainsi que les bornes de l'intervalle de confiance à 95%.

La technique utilise une sonde pulsée cadencée à 5 Mhz. Comme expliqué dans le texte, les valeurs pour une sonde cadencée de manière continue ou ayant une autre fréquence demandent une correction des valeurs.



RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. DAWES G.S. - Changes in the circulation at birth. *Br Med Bull* 17: 148-153, 1961.
2. SMITH C.A., NELSON N.M. (éditeurs) - The physiology of the newborn infant. Charles C. Thomas Publisher, 1976.
3. DOBBIN G.J. - Nutritional growth restriction and the nervous system. In DAVISON An, THOMPSON R.H.S., *The molecular basis of neuropathology*, Edward Arnold, London, 221-223, 1981.
4. LUCAS A., MORLEY R., COLE T.J. - Randomised trial of early diet in preterm babies and later intelligence quotient. *BMJ* 317: 1481-1487, 1998.
5. SZABO J.S., STONESTREET B.S., OH W. - Effects of hypoxemia on gastrointestinal blood flow and gastric emptying in the newborn piglet. *Pediatr Res* 19: 466-471, 1985.
6. IWAMOTO H.S., TEITEL D., RUDOLPH A.H. - Effects of birth-related events on blood flow distribution. *Pediatr Res* 22: 634-640, 1987.
7. NOWICKI P.T., HANSEN N.B., OH W., STONESTREET B.S. - Gastrointestinal blood flow and oxygen consumption in the newborn lamb: effect of chronic anemia and acute hypoxia. *Pediatr Res* 18: 420-425, 1984.
8. SARNAT H.B., SARNAT M.S. - Neonatal encephalopathy following fetal distress. *Arch Neurol* 33: 696-705, 1976.
9. NOWICKI P.T., HANSEN N.B., STONESTREET B.S., YAO A.C., OH W. - The effect of blood volume expansion on gastrointestinal oxygenation in piglets. *Pediatr Res* 19: 268-271, 1985.
10. YOUNAZAI M.K., KISKER T., ROBILLARD J., NATHAN R. - Effect of acidosis and hypoxia on intestinal blood flow of the sheep fetus. *Biol Neonate* 49: 29-35, 1986.
11. COOMBS R.C., MORGAN M.E.I., DURBIN G.M., BOOTH I.W., MCNEISH A.S. - Abnormal gut blood flow velocities in neonates at risk of necrotising enterocolitis. *J Pediatr Gastroenterol Nutr* 15: 13-19, 1992.
12. GAMSU H.R., KEMPLEY S.T. - Enteral hypoxia/ischaemia and necrotizing enterocolitis. *Semin Neonatal* 2: 245-254, 1997.
13. COOMBS R.C., MORGAN M.E.I., DURBIN G.M., BOOTH I.W., MCNEISH A.S. - Doppler assessment of human neonatal gut blood flow velocities: postnatal adaptation and response to feeds. *J Pediatr Gastroenterol Nutr* 15: 6-12, 1992.
14. MARTINUSSEN M., BRUBAKK A.M., LINKER D.T., VIK T., YAO A.C. - Mesenteric blood flow velocity and its relation to circulatory adaptation during the first week of life in healthy term infants. *Pediatr Res* 36: 334-339, 1994.
15. MARTINUSSEN M., BRUBAKK A.M., VIK T., YAO A.C. - Mesenteric blood flow velocity and its relation to transitional circulatory adaptation in appropriate for gestational age preterm infants. *Pediatr Res* 39: 275-280, 1996.
16. XU R.J., MELLOR D.J., BIRTLES M.J., REYNOLDS G.W., SIMPSON H.V. - Impact of intrauterine growth retardation on the gastrointestinal tract and the pancreas in newborn pigs. *J Pediatr Gastroenterol Nutr* 18: 231-240, 1994.
17. MELLER J.L., WOLF S.A., FERGUSON M.K., REPLOGLE R.L.C., SHERMETA D.W. - The microvascular response of the neonatal mesentery to hypertonic feedings. *Pediatr Res* 20: 1136-1138, 1986.
18. KEMPLEY S.T., MURDOCH E. - The splanchnic circulation in perinatal sepsis. *Early Hum Dev* 54: 70-71, 1999.
19. FANG S., KEMPLEY S., GAMSU H. - Prediction of early tolerance to enteral feeds in preterm infants by measurement of superior mesenteric artery blood flow velocity. *Early Hum Dev* 55: 187-188, 1999.
20. DAVIS J.H., DOBBING J. (éditeurs) - Scientific foundations of Paediatrics, William Heinemann Medical Books, 1981.
21. BOULTON J., LARON Z., REY J. (éditeurs) - Long-term consequences of early feeding, Lippincott-Raven, 1996.