

# Un modèle animal simple pour l'apprentissage des techniques de microanastomoses vasculaires de congruences différentes

Franck Marie P Leclère MD PhD<sup>1,2</sup>, Frédéric Kolb MD<sup>2</sup>, Gregory A Lewbart PhD<sup>3</sup>,  
Vincent Casoli MD PhD<sup>4</sup>, Esther Vögelin MD PhD<sup>1</sup>

FMP Leclère, F Kolb, GA Lewbart, V Casoli, E Vögelin.  
Un modèle animal simple pour l'apprentissage des techniques de microanastomoses vasculaires de congruences différentes. *Plast Surg* 2014;22(1):30-33.



**INTRODUCTION:** Depuis les premiers travaux de Jacobson et Suarez, la microchirurgie a considérablement évolué et celle-ci est devenue omniprésente en chirurgie plastique comme dans les autres spécialités chirurgicales. L'apprentissage au laboratoire des techniques de base est nécessaire avant d'envisager l'exécution de procédures cliniques. Dans cet article, nous avons évalué un modèle animal permettant de fournir une solution aux problèmes suivants : règles d'éthique, coût, anesthésie, temps nécessaire à la formation.

**MATÉRIEL ET MÉTHODE:** Entre juillet et septembre 2012, 150 simulations de microanastomoses de vaisseaux incongruents par la technique d'Harashina ont été réalisées sur 182 *Lumbricus terrestris*. L'entraînement a été divisé en 10 périodes de 7 jours comprenant chacune 15 simulations de microanastomoses de vaisseaux incongruents, dont le plus petit diamètre était supérieur à 1,5 mm (n = 5), compris entre 1,0 mm et 1,5 mm (n = 5), ou inférieur à 1,0 mm (n = 5). Un modèle linéaire avec le numéro de la période comme variable principale et la taille de l'animal comme facteur étaient utilisés afin de déterminer la tendance de la durée d'exécution de l'exercice microchirurgical ainsi que les différences entre les sous-groupes de tailles différentes au cours des périodes d'apprentissages.

**RÉSULTATS:** Le modèle linéaire montre une tendance significative (P < 0,001) à la réduction du temps opératoire durant le décours du training ainsi qu'une différence significative entre les groupes d'animaux de tailles différentes. Pour les microanastomoses de taille supérieure à 1,5 mm, le temps d'anastomose moyen est passé de 19,6±1,9 min à 12,6±0,7 min entre la première et la dernière semaine de formation (diminution de 35,7 %). Pour un training avec des vaisseaux de diamètre inférieur, les résultats montraient une diminution dans le temps d'exécution de 36,1 % (diamètre compris entre 1,0 mm et 1,5 mm) et 40,6 % (diamètre <1,0 mm) entre la première et la dernière semaine de training. L'étude montre également une nette amélioration de la dextérité et de la vitesse d'exécution des noeuds.

**CONCLUSION:** *Lumbricus terrestris* est un modèle fiable pour la formation microchirurgicale. Les nombreux avantages que nous avons soulignés dans cette étude suggèrent que l'utilisation de ce modèle invertébré va considérablement se développer dans un avenir proche.

**Mots Clés:** *Lumbricus terrestris*; Microanastomoses; Microchirurgie; Modèle expérimental

En 1970, Jacobson et Suarez rapportaient les premières microanastomoses vasculaires réalisées sur le chien à l'aide de fil de soie 7/0 (1). Depuis lors, la microchirurgie a considérablement évolué et celle-ci est devenue omniprésente en chirurgie plastique comme dans les autres spécialités chirurgicales. Son succès reste largement dépendant des microanastomoses vasculaires (2). Celles-ci sont le corollaire de la qualité des instruments d'optiques, de l'instrumentation utilisée, mais aussi des aptitudes du microchirurgicalien. L'apprentissage au laboratoire des trois techniques de base que sont l'anastomose termino-terminale,

## A simple animal model to learn the techniques of discrepancy vascular microanastomoses

**BACKGROUND:** Since the pioneering work of Jacobson and Suarez, microsurgery has steadily progressed and is now used in all surgical specialties, particularly in plastic surgery. Before performing clinical procedures it is necessary to learn the basic techniques in the laboratory.

**OBJECTIVE:** To assess an animal model, thereby circumventing the following issues: ethical rules, cost, anesthesia and training time.

**METHODS:** Between July 2012 and September 2012, 182 earthworms were used for 150 microsurgical trainings to simulate discrepancy microanastomoses. Training was undertaken over 10 weekly periods. Each training session included 15 simulations of microanastomoses performed using the Harashina technique (earthworm diameters >1.5 mm [n=5], between 1.0 mm and 1.5 mm [n=5], and <1.0 mm [n=5]). The technique is presented and documented. A linear model with main variable as the number of the week (as a numeric covariate) and the size of the animal (as a factor) was used to determine the trend in time of anastomosis over subsequent weeks as well as differences between the different size groups.

**RESULTS:** The linear model showed a significant trend (P<0.001) in time of anastomosis in the course of the training, as well as significant differences (P<0.001) between the groups of animal of different sizes. For diameter >1.5 mm, mean anastomosis time decreased from 19.6±1.9 min to 12.6±0.7 min between the first and last week of training. For training involving smaller diameters, the results showed a reduction in execution time of 36.1% (P<0.01) (diameter between 1.0 mm and 1.5 mm) and 40.6% (P<0.01) (diameter <1.0 mm) between the first and last weeks. The study demonstrates an improvement in the dexterity and speed of nodes' execution.

**CONCLUSION:** The earthworm appears to be a reliable experimental model for microsurgical training of discrepancy microanastomoses. Its numerous advantages, as discussed in the present report, show that this model of training will significantly grow and develop in the near future.

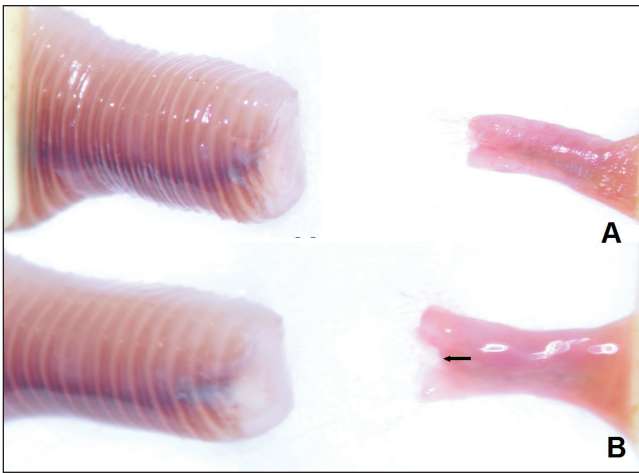
**Key Words:** Earthworms; Experimental model; Microanastomoses; Microsurgery

l'anastomose termino-latérale et l'anastomose de vaisseaux de diamètres incongruents est nécessaire avant d'envisager l'exécution de procédures cliniques (3-5). Cependant la texture des modèles inertes diffère sensiblement des situations cliniques, et l'utilisation de modèles animaux reste limitée par les règles éthiques, le coût croissant, et le temps nécessaire à l'anesthésie et au temps de préparation de l'animal.

Depuis 2010, nous avons travaillé à l'élaboration d'un modèle efficace pour contourner ces difficultés et favoriser une formation régulière peu chère et facile d'accès au chirurgien (6,7). Sur la base de nos

<sup>1</sup>Department of Plastic and Hand Surgery, Inselspital, University of Bern, Switzerland; <sup>2</sup>Department of Plastic and Hand Surgery, Institut Gustave Roussy, Villejuif, France; <sup>3</sup>North Carolina State University, College of Veterinary Medicine, Raleigh, North Carolina, USA; <sup>4</sup>Department of Plastic Surgery, CHU Bordeaux, Bordeaux, France

Correspondence: Dr Franck Marie Leclère, Department of Plastic and Hand Surgery, Inselspital Bern, University of Bern, Freiburgstrasse, Bern, Switzerland. Telephone/fax 003-366-088-7762, e-mail franckleclere@yahoo.fr, franck.leclere@insel.ch, franck.leclere@igr.fr



**Figure 1) Technique d'Harashina :** A : Animaux de diamètres incongruents clampés; B : Incision en bouche de poisson (flèche noire) sur l'extrémité incongruente de petite taille

observations antérieures et de la littérature (6-8), *Lumbricus terrestris* est un modèle fiable pour la formation microchirurgicale pour les raisons suivantes: la technique ne nécessite pas d'anesthésie; la texture de l'animal est comparable à celle de la paroi artérielle; le corps de cet invertébré a tendance à s'affaisser, imitant parfaitement le comportement de la paroi artérielle au cours des microanastomoses; son élevage est facile et ne nécessite pas de matériel coûteux; grâce à l'ubiquité de cet invertébré, il est possible d'utiliser des animaux de tailles adaptées au type et à la difficulté recherchée pour la formation microchirurgicale; et aucune aide n'est nécessaire, ce qui facilite la formation régulière.

Dans cet article, nous présentons une série prospective d'anastomoses microchirurgicales de vaisseaux de congruences différentes à l'aide de ce modèle animal. Le but de cette étude était double : donner des valeurs de référence quant à la vitesse d'exécution des microanastomoses de congruences différentes; et diffuser et promouvoir une nouvelle fois ce modèle pour la formation microchirurgicale mais aussi le training régulier des microchirurgiens confirmés.

## MÉTHODE

### Animaux

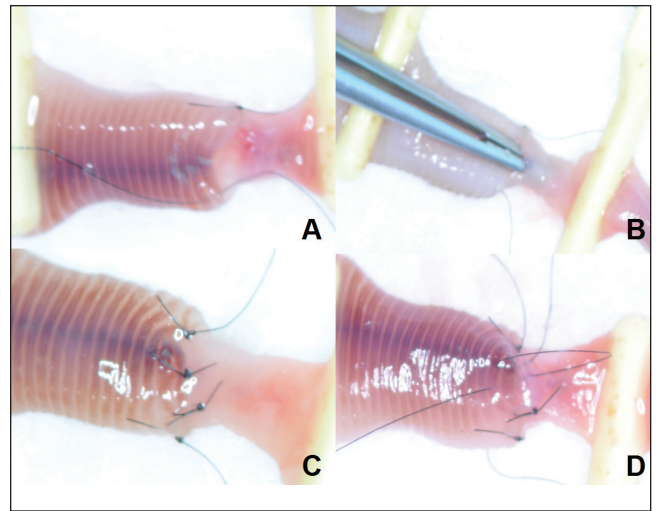
Entre Juillet 2012 et Septembre 2012, 150 exercices microchirurgicaux ont été réalisés à partir de 182 *Lumbricus terrestris* (Haplotaxida, Annelides). Les animaux pesaient entre 1 g et 8 g. Leur taille moyenne était de 15 cm (3 cm à 32 cm). L'entraînement a été divisé en 10 périodes de 7 jours comprenant chacune 15 simulations de microanastomoses dont le plus petit vaisseau présentait un diamètre supérieur à 1,5 mm (n = 5), compris entre 1,0 mm et 1,5 mm (n = 5), et inférieur à 1,0 mm (n = 5).

### Technique chirurgicale

Après sacrifice des animaux par immersion dans l'éthanol 5% (9,10), le corps de l'animal était sectionné aux deux extrémités. L'animal était ensuite lavé par passage d'un mince fil d'acier. Un double clamp microchirurgical était placé au niveau désiré pour la réalisation de l'exercice microchirurgical. Après clampage d'un autre animal dont le diamètre était au moins supérieur de 1,0 mm par rapport au premier, on réalisait une incision en bouche de poisson (fish-mouth) sur la plus petite extrémité selon la technique décrite par Harashina et Irigaray (11). L'anastomose était ensuite réalisée suivant une méthode biangulation par le même opérateur (FML).

### Paramètres objectifs

Le diamètre extérieur de chaque animal était mesuré à un grossissement de  $\times 40$ . Le temps écoulé entre le premier et le dernier point de



**Figure 2) Anastomose microchirurgicale après technique d'Harashina par biangulation** A : Placement des deux points cardinaux; B : Dilatation du *Lumbricus terrestris*; C : Microanastomose de la paroi antérieure; D : Microanastomose de la paroi postérieure après retournement du double clamp, les derniers points sont réalisés par la technique de Foucher

microsuture était systématiquement enregistré. Un test d'O'Brian n'était pas possible du fait du caractère inerte du modèle. Il fut toujours remplacé par un test de perméabilité effectué par injection à pression manuelle douce de liquide physiologique dans le corps de l'animal à l'aide d'une seringue reliée à un cathéter. En outre, une incision longitudinale permettait la visualisation de la qualité des microsutures après chaque exercice microchirurgical.

### Paramètres subjectifs

Une évaluation subjective était réalisée par le chirurgien à la fin de chaque exercice comme dans les études précédentes (6,7). Les paramètres suivants : dextérité, rapidité d'exécution des nœuds, amélioration de la précision du mouvement, et amélioration de la qualité des microanastomoses étaient cotés avec les qualificatifs : excellent, très bon, bon ou mauvais.

### Analyse statistique

Cette étude prospective impliquait 150 exercices microchirurgicaux effectués sur 182 *Lumbricus terrestris* répartis sur 10 semaines de pratique, chacun avec trois sous-groupes en fonction de la taille des animaux. Un modèle linéaire avec le numéro de la période comme variable principale et la taille de l'animal comme facteur était utilisé afin de déterminer la tendance de la durée d'exécution de l'exercice microchirurgical ainsi que les différences entre les sous-groupes de tailles différentes au cours des périodes d'apprentissage. Un  $P < 0,05$  était considéré comme statistiquement significatif. L'analyse statistique a été réalisée avec le logiciel SPSS (IBM Corporation, USA). Les données sont présentées sous forme de moyenne  $\pm$  déviation standard à la moyenne.

## RÉSULTATS

Cent cinquante exercices de simulations de microanastomoses de vaisseaux incongruents ont été réalisés sur 182 animaux (Figures 1 à 3). Toutes les microanastomoses réalisées étaient perméables, comme en témoigne notre test de perméabilité. L'incision longitudinale après anastomose démontrait à chaque fois l'absence de suture transfixiante, le placement harmonieux des points, et l'absence d'invagination des parois. Les résultats sont présentés dans le tableau 1.

### Temps opératoire

Les résultats sont présentés au tableau 1. Le modèle linéaire montre une tendance significative ( $P < 0,001$ ) à la réduction du temps opératoire durant le décours du training ainsi qu'une différence significative



**Figure 3)** Résultat après microanastomose selon la technique d'Harashina (diamètres des extrémités : 1,0 mm et 2,5 mm) et test de perméabilité par injection de sérum physiologique. Cette dernière photo a été prise en milieux aqueux et n'est donc pas parfaitement nette

entre les groupes d'animaux de tailles différentes. Pour les microanastomoses de taille supérieure à 1,5 mm, le temps d'anastomose moyen est passé de  $19,6 \pm 1,9$  min à  $12,6 \pm 0,7$  min entre la première et la dernière semaine de formation (diminution de 35,7 %). Pour un training avec des vaisseaux de diamètre inférieur, les résultats montraient une diminution dans le temps d'exécution de 36,1% (diamètre compris entre 1,0 mm et 1,5 mm) et 40,6 % (diamètre <1,0 mm) entre la première et la dernière semaine de training.

#### Paramètres subjectifs

Du point de vue de l'opérateur, ce modèle animal apparaît parfaitement adapté pour l'apprentissage de la technique d'Harashina. En particulier, ce type de formation est jugé excellent pour les critères suivants : dextérité, rapidité d'exécution des nœuds, et amélioration de la précision du mouvement. Le critère – amélioration de la qualité des microanastomoses – est côté "bon". On lui reprochera notamment le fait de ne pas permettre de suivre les lésions éventuelles de ce qui mime l'intima au cours du temps.

### DISCUSSION

Une formation régulière est indispensable pour acquérir une base solide ou consolider son expertise en microchirurgie (12,13). Pour chacune des trois techniques d'anastomose de bases que sont les anastomoses termino-terminales, les anastomoses termino-latérales et les anastomoses de vaisseaux incongruents, un engagement personnel et temporel intensif est nécessaire (14-16).

Après une expérience prolongée sur différents modèles animaux comme le porc, le rat, le lapin, le poulet et le poisson (17), nous avons envisagé un modèle simple qui peut fournir une solution aux problèmes de base suivants rencontrés au cours de la formation en microchirurgie (6,7) : règles d'éthique, coût prohibitif, anesthésie, temps nécessaire à la préparation des animaux et aux voies d'abord avant de pratiquer l'acte microchirurgical, ou encore heure d'ouverture limitée et nombre de places restreintes au laboratoire.

Dans cette étude prospective, 150 exercices microchirurgicaux d'anastomoses de vaisseaux incongruents ont été effectués sur 182 animaux. Comme dans les deux autres études précédentes (6,7), nos résultats mettent en évidence une amélioration de la rapidité d'exécution et de la dextérité avec le temps tous groupes confondus. Notre série confirme objectivement les nombreux avantages associés au modèle *Lumbricus terrestris* pour la formation de base en microchirurgie : le stockage de ce modèle animal est simple et peu coûteux; leur ubiquité fait qu'il est possible d'utiliser des tailles d'animaux adaptées à la difficulté de la formation souhaitée; plusieurs formations peuvent être réalisées avec seulement une partie de l'animal et le reste peut être stocké pour une utilisation ultérieure. Cela a été démontré par nos études, où seulement 182 animaux ont été utilisés pour effectuer 150 exercices microchirurgicaux; aucune anesthésie n'est

**TABEAU 1**  
Temps moyen nécessaire pour réaliser une anastomose d'animaux incongruents pour les différents groupes et périodes d'exercices

Semaine	Temps de microanastomose, min		
	Diamètre >1.5 mm	Diamètre 1 mm – 1.5 mm	Diamètre <1.0 mm
1	19,6±1,9	20,5±0,8	23,9±1,3
2	18,8±0,8	19,3±0,9	21,0±0,9
3	17,7±1,2	19,0±0,4	19,5±0,8
4	17,0±0,5	18,0±0,3	18,9±0,5
5	15,4±0,5	16,5±0,8	18,3±0,2
6	15,5±0,9	16,2±0,8	17,5±0,3
7	14,2±1,4	14,0±0,6	15,7±1,1
8	12,8±0,2	13,4±0,6	14,8±0,6
9	12,5±0,4	13,2±0,5	14,8±0,8
10	12,6±0,7	13,1±0,5	14,2±0,3

Les données présentées sous forme de moyenne ± écart-type

nécessaire car l'animal est sacrifié avant la procédure. Dans ce contexte, il est important de noter que, malgré sa mort, la texture de l'animal reste similaire à celui de la paroi artérielle; l'exercice microchirurgical lui-même ne nécessite pas de temps de préparation comme c'était le cas dans les modèles animaux conventionnels; et cette formation peut également être réalisée avec des loupes à la maison le week-end si le chirurgien est assez motivé.

En dépit des avantages mentionnés ci-dessus, on pourrait reprocher quelques inconvénients à ce modèle. Tout d'abord, un test de perméabilité classique comme le test d'O'Brian n'est pas possible. Dans cette étude nous avons cependant montré qu'une alternative par injection de liquide physiologique dans le corps de l'animal à l'aide d'une seringue était facilement réalisable. En outre, une incision longitudinale du modèle après opération permettait la visualisation de la qualité des sutures et l'absence de points transfixiants ou d'invagination des parois. Ces tests simples démontraient que l'amélioration de la vitesse d'exécution ne s'était pas faite au détriment de la qualité des microanastomoses. Deuxièmement, l'adventicectomie, étape essentielle pour obtenir des microanastomoses de qualité, est difficilement réalisable sur ce modèle. Troisièmement, puisque les anastomoses réalisées ne sont pas suivies au fil du temps, les blessures de l'intima ne peuvent être décelées correctement. Toutefois, il a été possible d'évaluer la lumière du vaisseau et de contrôler les blessures intérieures après avoir réalisé l'incision longitudinale de l'animal. Mais encore, si la texture de la paroi de l'animal est semblable à celle de la paroi artérielle, elle est significativement différente de la texture de la paroi veineuse. Enfin, seules les formations pour la technique d'anastomoses de vaisseaux incongruents sont présentées ici. Toutefois, les autres techniques comme l'anastomose termino-terminale ou termino-latérale ont déjà été réalisées avec ce modèle (6,7).

Malgré toutes ces limites, le prix, la simplicité, l'accessibilité et l'efficacité de la formation à partir de ce modèle animal suggèrent que son utilisation pour l'apprentissage de la microchirurgie va considérablement se développer dans un avenir proche.

### CONCLUSION

*Lumbricus terrestris* semble être un modèle fiable pour la formation microchirurgicale. Les nombreux avantages que nous avons soulignés dans cette étude suggèrent que l'utilisation de ce modèle invertébré va considérablement se développer dans un avenir proche.

CONFLITS D'INTÉRÊTS : Aucun.

## RÉFÉRENCES

1. Jacobson HH, Suarez EL. Microsurgery in anastomosis of small vessels. *Surg Forum* 1970;11:243-51.
2. Leclère FM, Duquennoy-Martinot V, Schoofs M, Buys B, Mordon S. Thirty years of laser-assisted microvascular anastomosis (LAMA): What are the clinical perspectives? *Neurochirurgie* 2011;57:1-8.
3. Selber JC, Chang EI, Liu J, et al. Tracking the learning curve in microsurgical skill acquisition. *Plast Reconstr Surg* 2012;130:551-8.
4. Crosby NL, Clapson JB, Buncke HJ, Newlin L. Advanced non-animal microsurgical exercises. *Microsurgery* 1995;16:655-8.
5. Livingston CK, Ruiz-Razura A, Cohen BE. Guidelines for a successful microsurgery training center and research fellowship. *Plast Reconstr Surg* 1999;104:1555-8.
6. Leclère FM, Rieben R, Lewbart GA, Vögelin E. Microsurgery and liver research: *Lumbricus terrestris*, a reliable animal model for training? *Clin Res Hepatol Gastroenterol* 2013;37:166-70.
7. Leclère FM, Trelles M, Lewbart GA, Vögelin E. Is there good simulation basic training for end-to-side vascular microanastomoses? *Aesthetic Plast Surg* 2013;37:454-8.
8. Mantovani G, Fukushima BWY, Baik CA, Aita MA, Mazzetti MV. Use of earthworms for microsurgery training. *J Reconstr Microsurg* 2009;25:275-8.
9. Cooper EL. Transplantation immunity in annelids. *Transplantation* 1968;6:322-37.
10. Cooper EL, Roch P. The capacities of earthworms to heal wounds and to destroy allografts are modified by polychlorinated biphenyls (PCB). *J Invert Path* 1992;60:59-63.
11. Harashina T, Irigaray A. Expansion of smaller vessel diameter by fish-mouth incision in microvascular anastomosis with marked size discrepancy. *Plast Reconstr Surg* 1980;65:502-3.
12. Spetzger U, von Schilling A, Brombach T, Winkler G. Training models for vascular microneurosurgery. *Acta Neurochir Suppl* 2011;112:115-9.
13. Ilie V, Ghetu N, Popescu H, Grosu O, Pieptu D. Assessment of the microsurgical skills: 30 minutes versus 2 weeks patency. *Microsurgery* 2007;27:451-4.
14. Lorenzo AR, Alvarez A, Garcia-Barreiro J, Centeno A, Lopez E, Martelo F. Design and creation of an experimental program of advanced training in reconstructive microsurgery. *Microsurgery* 2006;26:421-8.
15. Brosious JP, Tsuda ST, Menezes JM, et al. Objective evaluation of skill acquisition in novice microsurgeons. *J Reconstr Microsurg* 2012;28:539-42.
16. Jeong HS, Moon MS, Kim HS, Lee HK, Yi SY. Microsurgical training with fresh chicken legs. *Ann Plast Surg* 2013;70:57-61.
17. Leclère FM, Germain MA, Lewbart GA, Unglaub F, Mordon S, Louis D. Microsurgery in liver research: End-to-side portocaval microanastomoses in dogfish. *Clin Res Hepatol Gastroenterol* 2011;35:650-4.