

## Résumé :

Objectif : La recherche continue de montrer que le fait d'être connecté à la terre peut accroître la capacité de l'organisme à piéger les radicaux libres. Cette étude a examiné l'effet d'une heure de mise à la terre sur la viscosité du sang pendant que les sujets participaient à des exercices de yoga doux conçus pour déclencher une inflammation mineure. Design : Dans ce modèle en double aveugle, vingt-huit (28) sujets se sont rencontrés à la Bower- man Sports Médecine Clinic sur le campus de l'Université de l'Oregon et ont été mis à la terre par contact avec un tapis de yoga mis à la terre ou simulé. Dix exercices de yoga ont été répétés cinq fois sur une période d'une heure. Le sang a été prélevé avant et après l'exercice et analysé pour déterminer la viscosité du sang à l'aide d'un viscosimètre capillaire Résultats : Les sujets reliés à la terre ont significativement réduit leur viscosité systolique après l'exercice ( $p = 0,03$ ) et leur viscosité diastolique ( $p = 0,03$ ). Conclusion : La mise à la terre a la capacité d'affecter l'inflammation induite par l'exercice, la réduction de la viscosité du sang.

## 1 introduction :

### 1.1 Mise à la terre

La mise à la terre, consiste à mettre le corps humain en contact direct avec la surface de la Terre. Exemples : marcher pieds nus à l'extérieur et se baigner dans les lacs et les océans, ou travailler, se détendre ou dormir à l'intérieur en contact direct avec la peau avec des matériaux conducteurs. Ces matériaux comprennent les draps, les oreillers, les bandes de corps, les tapis et les patchs qui sont reliés au sol par un fil fixé à une tige plantée dans le sol à l'extérieur ou par le système de mise à la terre (c'est-à-dire le port de terre d'une prise murale mise à la terre) d'une maison ou d'un bâtiment. Dans les sociétés industrielles, la plupart des gens sont aujourd'hui rarement en contact avec la surface de la Terre parce qu'ils portent des chaussures à semelles synthétiques fabriquées à partir de matériaux isolants (caoutchouc et plastique). De plus, ils marchent sur des tapis faits de matériaux isolants et/ou sur des planchers en bois (le bois est aussi un matériau isolant) et ils dorment sur des matelas qui les isolent du sol.

La Terre possède un réservoir presque infini d'électrons libres qui est continuellement réapprovisionné par un phénomène naturel appelé « le circuit électrique atmosphérique global ». L'hypothèse de la mise à la terre est la suivante : lorsque le contact avec le sol se fait par contact direct avec la peau à l'extérieur ou par un système mis à la terre à l'intérieur, le potentiel électrique du corps devient le même que celui de la Terre, ce qui donne au corps un accès continu à la charge de surface négative du sol composée principalement d'électrons. On sait bien que le contact avec le sol empêche l'accumulation d'une charge électrique statique sur le corps, mais on sait moins que ce contact permet à l'organisme d'obtenir autant d'électrons que nécessaire pour un fonctionnement optimal des processus physiologiques et de constituer une réserve de ces électrons antioxydants pour une utilisation future.

Selon les recherches actuelles, la mise à la terre produit une série de changements positifs dans l'organisme, notamment un meilleur sommeil, la normalisation des taux de cortisol, une meilleure régulation du glucose, une amélioration de la fonction thyroïdienne, une diminution de la douleur, une diminution du stress, une augmentation de la fluidité sanguine, une amélioration de la réponse immunitaire, une diminution des indicateurs

d'ostéoporose et une diminution des dommages musculaires causés par la douleur musculaire retardée (DOMS).

On a constaté que la mise à la terre réduisait la durée des DOMS, l'une des rares stratégies capables de le faire. Cet effet de mise à la terre accélère considérablement le temps de récupération, un avantage essentiel pour tous les athlètes disposant d'un temps de récupération limité. Citons par exemple les cyclistes du Tour de France qui s'affrontent quotidiennement et les footballeurs qui s'affrontent chaque semaine.

Avec les blessures musculaires, l'exercice est connu pour produire une inflammation dans le corps. Un faible niveau d'exercice peut ne pas causer beaucoup de dommages musculaires, mais peut quand même augmenter l'inflammation dans le corps.

La présente étude a été conçue pour voir si les bienfaits de la terre s'étendraient aux personnes pratiquant une forme douce de Hatha Yoga. On a émis l'hypothèse qu'une routine légère ne causerait pas beaucoup de dommages musculaires, mais pourrait provoquer une réaction inflammatoire affectant la viscosité sanguine. L'inflammation produit un excès d'espèces réactives de l'oxygène (ROS) et d'espèces réactives de l'azote (ARN). Ces molécules très réactives sont des molécules électronégatives (attractant des électrons). On s'attend à ce que la charge négative à la surface des globules rouges diminue pendant et après l'exercice, ce qui entraîne un sang plus visqueux que la normale. On a également émis l'hypothèse que le fait d'être mis à la terre pendant la routine du Hatha Yoga permettrait d'éviter cette augmentation de l'inflammation et peut-être de réduire le niveau d'inflammation dans le corps.

## 1.2 viscosité sanguine :

Récemment, il est devenu approprié de considérer la viscosité sanguine comme un signe avant-coureur possible de plusieurs maladies chroniques, dont les maladies cardiovasculaires et la maladie d'Alzheimer.

Environ 7,5 % du poids corporel est constitué de sang (American Society of Hematology, <http://www.hematology.org/Patients/Basics/>, consulté le 26/02/2015). Les globules rouges, les globules blancs et les plaquettes constituent la plupart des parties solides et représentent environ 45 % du volume sanguin. Le plasma, les 55 % restants, est une solution salée quelque peu opaque contenant des sucres, des lipides, du sel, des vitamines, des minéraux, des hormones, des enzymes, des anticorps et des protéines. Le sang, par le pompage du cœur, fournit de la nourriture à toutes les cellules du corps et en élimine les déchets.

La viscosité du sang influe sur la capacité du sang à circuler dans les artères, les veines et les capillaires du système circulatoire. C'est une mesure de l'épaisseur et de la viscosité du sang. L'épaisseur et l'adhérence changent à mesure que la pression artérielle systolique et diastolique change avec chaque cycle cardiaque. La viscosité sanguine, un déterminant important de la santé des vaisseaux sanguins, a été négligée par le passé en raison de la difficulté de mesurer la viscosité aux niveaux de la pression artérielle systolique et diastolique.

Les facteurs qui influent sur l'épaisseur et l'adhérence du sang sont l'hématocrite, l'agrégation de globules rouges/plaquettes, la déshydratation, les lipoprotéines de faible densité et le fibrinogène. Un autre facteur est la capacité des RBC à se déformer et à se plier pour passer plus facilement à travers les capillaires. Plus le flux sanguin est rapide, comme

dans les vaisseaux de plus grand diamètre, plus la viscosité est faible. Plus le débit sanguin est lent, comme dans les vaisseaux de plus petit diamètre, plus la viscosité est élevée. La raison la plus répandue de l'augmentation de la viscosité sanguine dans les petits vaisseaux est peut-être l'agrégation des globules rouges, due en partie à l'inflammation et à l'activité des radicaux libres entraînant une réduction des charges électriques superficielles négatives (électrons) et du potentiel électrique. Lorsque le potentiel électrique est réduit, les cellules ont peu ou pas de charge négative et ont tendance à s'agglutiner.

La raison la plus fréquente de l'augmentation de la viscosité sanguine dans les petits vaisseaux est peut-être l'agrégation des globules rouges, due en partie à l'inflammation et à l'activité des radicaux libres entraînant une réduction des charges électriques superficielles négatives (électrons) et du potentiel électrique. Lorsque le potentiel électrique est réduit, les cellules ont peu ou pas de charge négative et ont tendance à s'agglutiner.

Avec le diamètre des vaisseaux, la viscosité du sang affecte la résistance au flux sanguin. Si la viscosité augmente, la résistance périphérique totale augmente et le débit cardiaque, par l'augmentation de la pression artérielle systolique, doit augmenter. La viscosité est donc un déterminant important du travail du cœur et de la distribution du sang.

Plus la viscosité du sang est élevée, plus son abrasivité augmente. Dans les gros vaisseaux, où la vitesse du sang est rapide, une viscosité plus élevée crée un frottement contre les parois des vaisseaux et peut causer des abrasions, conduisant à une inflammation et, finalement, au développement de plaques. La plaque réduit le diamètre de la cuve, ce qui contribue à réduire davantage le diamètre de la cuve et à former des caillots qui produisent des coups.

Le développement de la plaque se produit habituellement aux endroits de turbulence du flux sanguin et de tourbillons près du cœur, du cou et du haut des jambes où les vaisseaux se ramifient et où la viscosité sanguine est plus grande. À ces points, l'hyperviscosité déclenche un dysfonctionnement endothélial entraînant le durcissement et l'épaississement des parois artérielles.

Dans les capillaires, où le débit sanguin est lent et où le diamètre des vaisseaux est petit, la viscosité sanguine provoque également des problèmes. Les globules rouges ont tendance à perdre une partie de la charge électrique qui les maintient séparés et ils ont tendance à coaguler. Les globules rouges plus âgés perdent également leur capacité à se déformer, ce qui crée un problème car sans pouvoir se plier à travers les capillaires, ils ne peuvent pas atteindre les cellules. Cela diminue l'apport d'oxygène et de nutriments aux cellules et finit par causer des dommages capillaires.

### 1.2.1. Viscosité sanguine et maladies chroniques

Une viscosité sanguine plus élevée est étroitement associée à de nombreuses maladies chroniques, y compris les maladies cardiovasculaires, le diabète, le syndrome métabolique/l'obésité et l'hypertension artérielle. Elle est également liée au déclin cognitif, à la démence vasculaire et à la maladie d'Alzheimer.

Une étude a révélé que les personnes ayant la viscosité sanguine la plus élevée présentaient des événements cardiovasculaires significativement plus élevés que les personnes ayant une viscosité sanguine plus faible. Une autre étude a révélé que les personnes ayant la viscosité sanguine la plus élevée avaient plus de quatre fois plus de risque de maladie cardiovasculaire que les personnes du groupe le plus faible. Dans une étude sur des sujets obèses, on a déterminé que les sujets ayant un indice de masse corporelle supérieur à 28 avaient une

viscosité sanguine supérieure de 15 % en moyenne à celle des sujets ayant un indice de masse corporelle inférieur.

### 1.2.2. Physique de la viscosité du sang

La viscosité du sang dépend du rapport entre la contrainte de cisaillement et la vitesse de cisaillement. La contrainte de cisaillement est l'énergie transférée à la paroi du vaisseau en raison de l'interaction avec un fluide en mouvement. La vitesse de cisaillement est la variation de la vitesse d'écoulement avec la distance radiale par rapport au centre du navire.  $\text{Viscosité} = \frac{\text{Contrainte de cisaillement}}{\text{Taux de cisaillement}}$

Essentiellement, à mesure que la vitesse de cisaillement diminue dans les capillaires, le rapport, et donc la viscosité, augmente significativement. À mesure que la vitesse augmente, comme dans les gros vaisseaux, la viscosité sanguine diminue.

L'eau est un liquide newtonien. L'épaisseur et l'adhérence de l'eau ne changent pas. Le sang est un liquide non newtonien dans lequel l'épaisseur du sang et l'adhérence changent à mesure que le rapport change. Jusqu'à récemment, la plupart des études ont présumé que la viscosité du sang se comporte comme un liquide newtonien. Très peu d'études ont mesuré la viscosité du sang en tant que liquide non newtonien où les couches adjacentes se déplacent parallèlement les unes aux autres à des vitesses différentes.

La viscosité du sang fluctue avec chaque battement de cœur, tout comme la pression artérielle fluctue avec chaque battement de cœur. Et comme la pression artérielle, une mesure précise de la viscosité nécessite deux chiffres. Vous ne mesurez pas seulement la pression artérielle systolique parce que les deux pressions systolique et diastolique ont un sens. La viscosité du sang dépend aussi de deux nombres. Un nombre, à la systole, est quand la viscosité est plus faible parce qu'elle est plus fine et la vitesse est plus rapide. L'autre nombre est à la diastole, lorsque la viscosité est plus élevée parce qu'elle est plus épaisse (plus de force nécessaire) et plus lente (moins de vitesse). Idéalement, la viscosité du sang total devrait être mesurée à une gamme physiologiquement complète de différents taux de cisaillement. Aux fins de l'analyse, on a étudié et consigné les résultats obtenus pour deux paramètres représentatifs de la vitesse de cisaillement,  $5 \text{ s}^{-1}$  et  $300 \text{ s}^{-1}$ . La mesure du faible taux de cisaillement de la viscosité sanguine simule l'interaction du flux sanguin pendant la diastole, et la mesure du taux de cisaillement élevé simule les conditions au système Toile. Nous utilisons le terme de viscosité systolique pour désigner une viscosité élevée de cisaillement et de viscosité diastolique pour désigner une viscosité faible de cisaillement.

La partie systolique de la viscosité sanguine est affectée par l'hématocrite, la viscosité plasmatique et l'hydratation. Il a une viscosité d'environ 30 millipoises (mP\*\*). La partie diastolique de la viscosité sanguine est affectée par les immunoglobulines, l'agrégation des globules rouges, l'agrégation plaquettaire et le fibrinogène. Il a une viscosité d'environ 130 millipoises, et est beaucoup plus épais et collant. En comparaison, l'eau a une viscosité d'environ 10 millipoises. Lors des essais de viscosité, il est important de tester à la fois la pression systolique et la pression diastolique.

### 1.2.3. Viscosité du sang et équipement d'essai

Par le passé, les viscomètres manuels et rotatifs mesurant la viscosité sanguine limitaient les observations à une mesure ponctuelle à la pression systolique (c.-à-d. à des taux de

cisaillement élevés) lorsque le sang est plus mince et moins collant. Ils ont mesuré la viscosité du sérum ou du plasma et n'ont pas tenu compte d'éléments tels que les facteurs d'agrégation des globules rouges, la déformabilité des globules rouges ou l'hématocrite. Les viscomètres manuels et rotatifs présentaient plusieurs autres inconvénients. Le processus prenait du temps, exigeait du point de vue technique et dépendait de la capacité de la personne qui interprétait les données. La normalisation était presque impossible. Cette étude a utilisé un équipement de pointe qui a éliminé tous les problèmes ci-dessus. Il s'agit du He-mathix Blood Analyzer SCV-200 (Health Onvector Inc., Camden, NJ), un viscomètre à tube capillaire à balayage automatisé, inventé par le Dr Young Cho, expert en dynamique des fluides et professeur de génie mécanique à l'Université Drexel. Cet instrument mesure la viscosité sur une gamme complète de vitesses de cisaillement représentatives du cycle cardiaque en une seule mesure continue. Le sang est prélevé par ponction veineuse dans un tube d'EDTA de 3 millilitres de lavande et est stable pendant 8 heures. S'il est réfrigéré de nouveau, il est stable pendant 4 jours. Il ne peut pas être gelé. L'analyse des données prend 4 minutes et les résultats sont disponibles le lendemain.

L'Hemathix rend le dépistage de la viscosité sanguine plus pratique et plus abordable que par le passé et permet la standardisation du dépistage de la viscosité. À terme, il a le potentiel de déterminer les profils de viscosité de la population générale, ce qui permet de prédire rapidement les maladies cardiovasculaires et d'autres maladies chroniques.

#### 1.2.4. Thérapies de la viscosité sanguine

Les médecins de première ligne emploient actuellement diverses stratégies pour réduire la viscosité du sang, y compris l'alimentation et l'exercice, ainsi que les huiles de poisson oméga-3, de même que le don de sang et la phlébotomie thérapeutique. Lipitor, Plavix, Coumadin et Fénofibrate réduisent la viscosité sanguine d'environ la même quantité que l'alimentation et l'exercice. Cependant, ces médicaments ont des effets secondaires qui sont au mieux désagréable et au pire dangereux. Les premières études suggèrent que la mise à la terre (mise à la terre) réduit la viscosité sanguine.

#### 1.2.5. Exercice et viscosité du sang

Des travaux antérieurs ont démontré les effets à court et à long terme de l'exercice sur la viscosité sanguine. L'effet à court terme est une augmentation de la viscosité sanguine, fonction de la durée et de l'intensité de l'effort, de la viabilité des capillaires, des caractéristiques de déformation des globules rouges, de l'hématocrite et de l'état d'hydratation. L'effet à long terme est une diminution de la viscosité sanguine. Le but de cette étude était de voir si le fait d'être mis à la terre au cours d'un exercice léger et court de yoga changerait la viscosité du sang, et dans quelle direction.

## 2. Matériel et méthodes

### 2.1. Sujets

Vingt-huit (28) femmes en bonne santé, non enceintes, âgées de 35 à 65 ans, ayant un IMC compris entre 25,1 et 31,4 et ayant rempli un formulaire d'antécédents médicaux pour

s'assurer de leur admissibilité, ont participé à l'étude (tableau 1). Le Western Institutional Review Board (WIRB; www.wirb.com) a supervisé l'étude. Tous les participants devaient signer une entente de consentement éclairé approuvée par le WIRB. Ils ont été recrutés en coopération avec des instructeurs de yoga de début des cours de yoga et soit avaient commencé à enseigner le yoga ou voulaient commencer. Ils n'avaient pas d'expérience en yoga.

**Répartition par âge des participants :**

	Sans mise à la terre	Avec la mise à la terre	Test avec la mise à la terre VS sans la mise à la terre
Nombre de sujets	14	14	
Age moyen	49.1	49.0	0.49
SD (écart type)	6.4	7.7	
taille moyenne	64.6	64.4	0.37
SD (écart type)	1.9	2.6	
Poids moyen	159.6	160.6	0.41
SD (écart type)	14.8	9.1	
IMC (indice de masse corporelle)	26.8	27.3	0.22
SD (écart type)	1.7	1.7	

\*\*Poise—Unité de viscosité dynamique. 10 mP = 0,01 gramme/centimètre-seconde. Autrement dit, 1 P = 1 gramme/centimètre-seconde. L'unité métrique de la viscosité est la seconde pascal ou Pa·s. 1 Pa·s = 10 P mais le poise ou le millipoise sont plus couramment utilisés.

Trente-trois (33) sujets ont été recrutés à l'origine. Deux sujets n'ont pas produit suffisamment de sang pour obtenir des résultats satisfaisants. Deux autres sujets ont dû partir en raison d'opérations imminentes. L'une d'elles a été éliminée parce que son IMC était trop bas lorsque l'on l'a mesurée juste avant

2.2. Procédure d'étude

Avant l'étude, tous les sujets portaient des shorts et des t-shirts de style identique. Ils arrivaient un par un toutes les dix (10) minutes. Chaque sujet a été accueilli par un accompagnateur et a reçu un presse-papiers personnel examinant les instructions, la chronologie et un sac pour ranger les vêtements et les chaussures de dessus. Le sujet s'est ensuite rendu dans une salle de pesée, de mesure de la hauteur et d'un seul prélèvement sanguin. Ensuite, chaque participant s'est rendu dans une salle de réunion désignée où un instructeur personnel de yoga a passé en revue les instructions de yoga avec le participant. Quatre instructeurs ont participé à l'étude et ont donné les mêmes instructions sur la façon de faire chaque pose. Quatorze (14) sujets ont été testés le jour 1 et quatorze (14) le jour 2 entre 10 h et 12 h 30.

Chaque sujet a choisi un tapis de yoga au hasard. Sept (7) tapis ont été mis à la terre et sept ont été mis à la terre de façon fictive. Dans cette étude en double aveugle, seule l'entreprise fournissant les tapis savait quels tapis étaient mis à la terre, mais elle ne savait pas quels sujets utilisaient quels tapis.

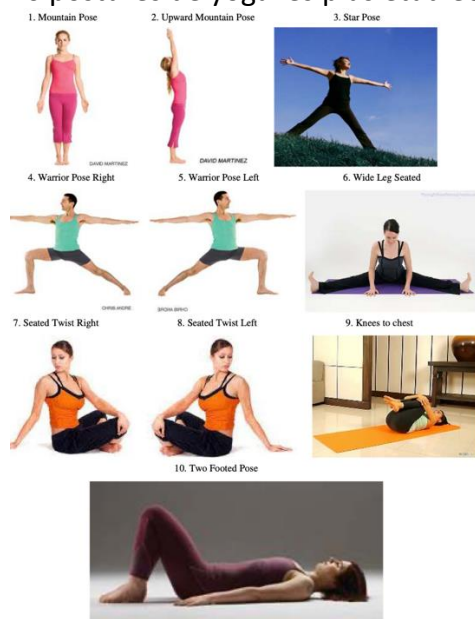
Chaque sujet a participé à cinq (5) segments de douze (12) minutes. Chaque segment était composé du même groupe de dix (10) poses de yoga (figure 1). Chaque pose a duré une minute, à l'exception de la pose numéro 10. Cette pose a duré 2 minutes, suivie d'une période de repos d'une minute. Les 12 premières minutes de 10 poses sur les tapis ont été effectuées sous la direction de l'instructeur. Au cours des trois segments suivants, les sujets ont répété les poses en présence de l'instructeur. Ils ont ensuite terminé le dernier segment en l'absence d'un instructeur, mais avec un instructeur toujours disponible pour les guider. Le timing était cohérent tout au long de ces séances avec l'utilisation de feux de synchronisation coordonnés de deux couleurs différentes et d'un son indiquant quand changer de poses et de segments.

Après le dernier segment, les participants se sont rendus à la zone de prélèvement sanguin pour un prélèvement sanguin après l'exercice. Ils ont ensuite récupéré leurs vêtements et leur sac à chaussures, se sont enregistrés auprès de l'accueil et ont retourné leur presse-papiers avec la feuille de chronologie paraphée par les surveillants qui supervisaient chaque étape de la procédure. Ils ont ensuite reçu 60 \$, plus les frais de stationnement, et ont fourni leur adresse pour l'expédition d'un tapis de yoga mis à la terre. Ils ont gardé leurs tee-shirts et shorts.

### 2.3. Collecte de sang

Le sang a été prélevé avant et après l'exercice sur tapis de yoga dans un tube de lavande de 3 millilitres par ponction veineuse par un phlébotomiste certifié de Legacy Labs à Eugene, Oregon. Legacy Labs a étiqueté les tubes sanguins avec des numéros d'objet, puis les a emballés et expédiés à Health Onvector Inc., un laboratoire de viscosité sanguine situé à Camden, au New Jersey, conformément aux instructions d'Hemathix. Les résultats de l'analyse, par l'intermédiaire du Hemathix SCV-200, étaient disponibles quatre jours après réception du laboratoire de Camden.

### 10 postures de yoga les plus étudiées :



### 2. 4. Méthodes statistiques

Les tests d'étudiants ont servi à comparer les différences de moyennes puisque toutes les données étaient normalement distribuées.

### 3. Résultats

Quatorze (14) sujets échoués et quatorze (14) sujets fictifs ont participé à l'étude d'une heure sur des tapis de yoga au cours de laquelle ils ont complété 5 sessions de douze (12) minutes de dix (10) exercices de yoga différents. Les calculs du test t du tableau 2 montrent que le groupe mis à la terre avait une diminution significative de la viscosité sanguine à la fois aux mesures systolique ( $p = 0,032$ ) et diastolique ( $p = 0,031$ ). Les sujets faussement mis à la terre n'ont connu aucun tel et avait une augmentation légère mais non significative de la viscosité sanguine. Ceci indique qu'être mis à la terre pendant les exercices de tapis de yoga a pour effet de diminuer la viscosité sanguine.

#### Viscosité sanguine systolique et diastolique pré & post mise à la terre et faussement mise à la terre en millipoise :

Sujets mis à la terre	Pre syst	Après jour	Post syst	Jour d'après	Sham sujets	Pre syst	Jour d'après	Post syst	Jour d'après
1	35.5	102.3	36.5	109.0	2	40.1	122.8	39.9	123.1
3	40.5	129.0	38.9	122.3	5	43.4	130.2	39.0	116.5
4	40.2	121.3	39.3	121.8	7	41.9	122.7	41.3	130.9
6	42.0	128.6	40.8	124.2	9	38.1	109.7	36.8	103.7
8	41.6	127.0	39.0	113.1	15	38.1	115.7	40.4	130.2
14	43.4	136.9	41.0	124.9	16	34.6	100.3	36.1	103.6
37	37.6	115.0	37.7	108.2	18	35.3	104.0	36.7	114.3
19	37.6	113.7	37.7	115.9	20	39.4	120.6	41.5	127.6
23	37.4	112.8	38.7	121.6	24	36.1	112.7	36.4	112.3
25	35.4	103.2	35.0	101.5	26	37.6	116.0	38.0	120.3
27	39.0	125.5	37.7	114.1	28	41.2	128.5	39.6	115.7
29	40.8	128.6	40.9	129.8	30	36.5	112.1	36.3	111.8
31	40.0	129.7	39.3	120.3	34	35.6	109.5	36.7	112.0
32	37.0	114.8	36.8	109.9	36	35.8	109.0	37.7	116.9
Signifie	39.1	120.7	38.5	116.9	Signifie	38.1	115.3	38.3	117.1
SD (écart type)	2.5	10.5	1.8	7.9	SD (écart type)	2.7	8.8	1.9	8.6
t-test			0.032	0.031	T test			0.35	
					T test g/s	0.15	0.07	0.40	0.48

### 4. Débat

Cette étude a examiné l'impact d'une heure de mise à la terre sur la viscosité du sang pendant que les participants effectuaient une série d'exercices simples de yoga. Même en faisant des



exercices simples, on s'attendrait à voir une augmentation de la viscosité sanguine due au fait que l'exercice stimule une réaction inflammatoire. Cette réaction peut augmenter le nombre de radicaux libres qui pourraient causer aux globules rouges de perdre une partie de leur charge négative. La charge négative sur les membranes des globules rouges confère aux cellules la propriété de se repousser mutuellement. Lorsque la charge est réduite, la capacité des cellules à se repousser les unes les autres est diminuée, la tendance à s'agglutiner augmente, ce qui augmente la viscosité sanguine.

Alors que l'exercice régulier peut induire une diminution à long terme de la viscosité sanguine, il entraîne souvent une augmentation de la viscosité sanguine à court terme. Cette augmentation se produit aux deux extrémités du cycle cardiaque et il est donc important d'obtenir des données à la systole, lorsque la viscosité est plus faible, et à la diastole, lorsque la viscosité est plus élevée. Collecter à un seul point équivaut à recueillir uniquement la pression artérielle systolique ou diastolique ou à mesurer la pression artérielle à un point intermédiaire. À la pression systolique, on obtient de l'information sur l'état des parois des vaisseaux. À l'extrémité diastolique, on obtient des informations sur l'agrégation et la déformabilité des globules rouges.

Dans notre étude, il n'y a pas eu de changement de la viscosité sanguine pour le groupe à la terre fictive aux deux extrémités du cycle cardiaque. Cependant, il y avait une différence dans le groupe mis à la terre à la fois à l'extrémité systolique et diastolique. Leurs lectures millipoise après une heure de mise à la terre étaient significativement inférieures à leurs niveaux d'avant l'exercice.

Compte tenu de toutes les dynamiques mentionnées ci-dessus et des électrons provenant de la mise à la terre piégeant théoriquement les radicaux libres, on peut logiquement conclure que l'inflammation, à la suite de l'exercice, aurait pu être réduite et cet effet, à son tour, a réduit la viscosité du sang chez les sujets mis à la terre.

Les limites de cette étude pilote étaient le nombre de sujets et les méthodes de mesure de la viscosité sanguine.

Les futurs projets de recherche devraient inclure plus de sujets et ajouter des mesures du potentiel zêta, un autre indicateur de la viscosité sanguine.

## 5. Conclusion

La viscosité sanguine peut être un prédicteur précoce d'une maladie chronique. Étant donné que l'on dispose maintenant d'un équipement permettant de mesurer ce paramètre de façon fiable, il faudrait entreprendre d'autres recherches. Les habitudes, ainsi que certains médicaments, peuvent abaisser la viscosité du sang. Mais les médicaments sont souvent coûteux et présentent des effets secondaires indésirables. Un traitement potentiel qui ne présente aucun inconvénient est de mettre le corps à la terre. Cette étude a montré que, malgré un effort modéré qui peut augmenter temporairement la viscosité du sang, la viscosité du sang était abaissée aux extrémités systolique et diastolique du cycle cardiaque chez les sujets utilisant des tapis de yoga mis à la terre. La mise à la terre a la capacité d'affecter l'inflammation induite par l'exercice en réduisant la viscosité sanguine.

## Remerciements

Les auteurs tiennent à souligner l'aide professionnelle de Legacy Laboratories à Eugene, OR, et de Health Onvector, Inc. de Camden, NJ. Les auteurs souhaitent également remercier

Martin Zucker et James L. Oschman d'avoir revu le manuscrit et d'avoir fait des suggestions utiles. Les produits de mise à la terre ont été fournis par earthing.com, Palm Spring, CA. La société Earth FX Inc., de Palm Springs, CA, a fourni un appui financier pour ce projet.

#### Déclaration d'intérêt

R. Brown a travaillé comme entrepreneur indépendant pour cette étude pilote et n'a aucun intérêt financier dans l'entreprise. G. Chevalier travaille comme entrepreneur indépendant pour Earth FX depuis 2007 et détient un très faible pourcentage des actions de la société.

#### Références

- [1] Williams, E.R. et Heckman, S.J. (1993) The Local Diurnal Variation of Cloud Electrification and the Global Diurnal Variation of Negative Charge on the Earth. *Journal of Geophysical Research*, 98, 5221-5234. <http://dx.doi.org/10.1029/92JD02642>
- [2] Anisimov, S.V., Mareev, E.A. et Bakastov, S.S. (1999) On the Generation and Evolution of Aeroelectric Structures in the Surface Layer. *Journal of Geophysical Research*, 104, 14359-14367. <http://dx.doi.org/10.1029/1999JD900117>
- [3] Applewhite, R. (2005) The Effectiveness of a Conductive Patch and a Conductive Bed Pad in Reducing Induced Human Body Voltage via the Application of Earth Ground. *Biologie européenne et bioélectromagnétique*, 1, 23-40. [http://www.earthingoz.com.au/pdf/Applewhite\\_earthing\\_body\\_voltage\\_2005.pdf](http://www.earthingoz.com.au/pdf/Applewhite_earthing_body_voltage_2005.pdf)
- [4] Oschman, J.L. (2009) Transfert de charge dans la matrice vivante. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 13, 215- 228. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jbmt.2008.06.005>
- [5] Oschman, J.L. (2007) Les électrons peuvent-ils agir comme antioxydants? Une revue et un commentaire. *Journal of Alternative and Compllementary Medicine*, 13, 955-967. <http://online.liebertpub.com/doi/pdfplus/10.1089/acm.2007.7048>  
<http://dx.doi.org/10.1089/acm.2007.7048>
- [6] Chevalier, G., Sinatra, S.T., Oschman, J.L., Sokal, K. et Sokal, P. (2012) Earthing: Health Implications of Reconnaître le corps humain aux électrons de surface de la Terre. *Journal of Environmental and Public Health*, 2012, Article ID: 291541. <http://dx.doi.org/10.1155/2012/291541>
- [7] Brown, R., Chevalier, G. et Hill, M. (2010) Étude pilote sur l'effet de la mise à la terre sur les douleurs musculaires à déclenchement retardé. *Journal of Alternative and Complementary Medicine*, 16, 265-273. <http://dx.doi.org/10.1089/acm.2009.0399>
- [8] Brown, R., Chevalier, G. et Hill, M. (2015) Grounding after Moderate Excentric Contractions Reduces Muscle Damage. *International Blood Research & Review*, inédit.
- [9] Oschman, J., Chevalier, G. et Brown, R. (2015) Les effets de la mise à la terre sur l'inflammation, la réponse immunitaire, la cicatrisation des plaies et la prévention et le traitement des maladies inflammatoires et auto-immunes chroniques. *Journal of Inflammation Research*, 8, 83-96. <http://dx.doi.org/10.2147/JIR.S69656>

- [10] Oschman, J., Chevalier, G. et Ober, A. (2015) Biophysics of Earththing (mise à la terre) the Human Body. In: Rosch, P.J., Ed., Bioelectromagnetic and Subtle Energy Medicine, 2nd Edition, CRC Press, New York, 427-448.
- [11] Curtis, D., Fallows, S., Morris, M. et McMakin, C. (2010) L'efficacité de la thérapie par microcourant spécifique à la fréquenceon Delayed Onset Muscle Soreness. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 14, 272-279.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jbmt.2010.01.009>
- [12] Brun, J.F. (2002) Exercise Hemorheology as a Three Acts Play with Metabolic Actors: Est-ce d'une pertinence clinique? *Hémorhéologie clinique et microcirculation*, 26, 155-174.
- [13] Brun, J.F., Belhabas, H., Granat, M.Ch., Sagnes, C., Thöni, G., Micallef, J.P. et Mercier, J. (2002) Postexercise Red Cell Aggregation Is Negativement Correlated with Blood Lactate Rate of Disappearance. *Clinical Hemorheology and Mi-crocirculation*, 26, 231-239.
- [14] Fernandes, H.P., Cesar, C.L. et Barjas-Castro Mde, L. (2011) Propriétés électriques de la membrane des globules rouges et recherche immunohématologique. *Revista Brasileira de Hematologia e Hemoterapia*, 33, 297-301. <http://dx.doi.org/10.5581/1516-8484.20110080>
- [15] Pop, G.A., Duncker, D.J., Gardien, M., Vranckx, P., Versluis, S., Hasan, D. et Slager, C.J. (2002) The Clinical Signi- ficance of Whole Blood Viscosity in (Cardio) Vascular Medicine. *Journal néerlandais du cœur: Journal mensuel de la Société néerlandaise de cardiologie et de la Fondation néerlandaise du cœur*, 10, 512-516.
- [16] Larsen, P. (2012) Surveillance de la viscosité sanguine pour améliorer la fonction cognitive. *Washington Association of Naturopath- ic Physicians*, numéro d'automne 2012.
- [17] Rosenson, R.S., Fioretto, P. et Dodson, P.M. (2011) Est-ce que les maladies microvasculaires prédisent les événements macrovasculaires dans le diabète de type 2? *Athérosclérose*, 218, 13-18. <http://dx.doi.org/10.1016/j.atherosclerosis.2011.06.029>
- [18] Jeong, S.K., Cho, Y.I., Duey, M. et Rosenson, R.S. (2010) Risques cardiovasculaires liés à la correction de l'anémie par des agents stimulant les érythrocytes : faut-il surveiller la viscosité sanguine pour évaluer les risques? *Médicaments et thérapie cardiovasculaires/Parrainé par la Société internationale de pharmacothérapie cardiovasculaire*, 24, 151-160.
- [19] Cho, Y.I. et Cho, D.J. (2011) Hemorheology and Microvascular Disorders. *Korean Circulation Journal*, 41, 287-295. <http://dx.doi.org/10.4070/kcj.2011.41.6.287>
- [20] Fernandes, H.P., Fontes, A., Thomaz, A., Castro, V., Cesar, C.L. et Barjas-Castro, M.L. (2013) Mesurer les forces d'agrégation des globules rouges à l'aide de pinces optiques doubles. *Scandinavian Journal of Clinical & Laboratory Investigative*, 73, 262-264.  
<http://dx.doi.org/10.3109/00365513.2013.765961>
- [21] Baskurt, O.K., Uyklu, M., Ozdem, S. et Meiselman, H.J. (2011) Mesure de l'agrégation des globules rouges dans les tubes capillaires jetables. *Hémorhéologie clinique et microcirculation*, 47, 295-305.
- [22] Simmonds, M.J., Rhys, C., Marshall-Gradisnik, S.M., Meiselman, H.J. et Baskurt, O.K. (2011) Paramètres d'agrégation des globules rouges mesurés par un agrégomètre à tube

capillaire utilisant des échantillons de sang veineux et capillaire. *Korea-Australia Rheology Journal*, 23, 205-210. <http://dx.doi.org/10.1007/s13367-011-0025-3>

[23] Baskurt, O.K. et Meiselman, H.J. (1997) Déterminants cellulaires de la viscosité sanguine à faible cisaillement. *Biorheology*, 34, 235-247. [http://dx.doi.org/10.1016/S0006-355X\(97\)00027-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0006-355X(97)00027-9)

[24] Tripette, J., Alexy, T., Hardy-Dessources, M.D., Mougrenel, D., Beltan, E., Chalabi, T., Chout, R., Etienne-Julan, M., Hue, O., Meiselman, H.J. et Connes, P. (2009) L'agrégation des globules rouges, la force globale et le potentiel de transport de l'oxygène du sang sont anormaux dans les deux cas d'anémie falciforme homozygote et d'hémoglobine C Disease. *Haematologica*, 94, 1060-1065. <http://dx.doi.org/10.3324/haematol.2008.005371>

[25] Brun, J.F., Varlet-Marie, E., Romain, A.J., Guiraudou, M. et Raynaud de Mauverger, E. (2013) Exercise Hemorheology: Moving from Old Simplistic Paradigms to a More Complex Picture. *Hémorhéologie clinique et microcirculation*, 55, 15-27.

[26] Chevalier, G., Sinatra, S.T., Oschman, J.L. et Delany, R.M. (2013) Mise à la terre (mise à la terre) le corps humain réduit la viscosité du sang — un facteur majeur des maladies cardiovasculaires. *Journal of Alternative and Complementary Medicine*, 19, 102-110. <http://dx.doi.org/10.1089/acm.2011.0820>

[27] Lowe, G., Rumley, A., Norrie, J., Ford, I., Shepherd, J., Cobbe, S., Macfarlane, P. et Packard, C. (2000) Blood Rheology, Cardiovascular Risk Factors, and Cardiovascular Disease: The West of Scotland Coronary Prevention Study. *Thrombose et hémostase*, 84, 553-558.

[28] Sloczyńska, K., Kózka, M. et Marona, H. (2013) Déformabilité et agrégation des globules rouges chez les patients atteints de maladies veineuses chroniques atteints de varices. *Postępy Higieny i Medycyny Doświadczalna*, 67, 690-694. <http://www.phmd.pl/fulltxt.php?ICID=1059670>

<http://dx.doi.org/10.5604/17322693.1059670>

[29] Stein, P.D. et Sabbah, H.N. (1974) Measured Turbulence and Its Effect on Thrombus Formation. *Circulation Research*, 35, 608-614. <http://dx.doi.org/10.1161/01.RES.35.4.608>

[30] Traub, O. et Berk, B.C. (1998) Stress de cisaillement laminaire : Mécanismes par lesquels les cellules endothéliales transduisent une force athéroprotectrice. *Artériosclérose, thrombose et biologie vasculaire*, 18, 677-685.

[31] Holsworth, R.E. et Wright, J.V. (2012) Blood Viscosity: The Unifying Parameter in Cardiovascular Disease Risk.

*Soins primaires holistiques*, 13, 1-2.

<https://holisticeducationexchange.net/topics/cardiovascular-health/996-blood-viscosity-the-unifying-parameter-in-cardiovascular-disease-risk.html>

[32] Cassilhas, R.C., Viana, V.A.R., Grassmann, V., Santos, R.T., Santos, R.F., Tufik, S. et Mello, M.T. (2007) The Impact of Resistance Exercise on the Cognitive Function of the Elderly. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 39, 1401-1407. <http://dx.doi.org/10.1249/mss.0b013e318060111f>

- [33] Lowe, G.D., Lee, A.J., Rumley, A., Price, J.F. et Fowkes, F.G. (1997) Blood Viscosity and Risk of Cardiovascular Events: The Edinburgh Artery Study. *British Journal of Haematology*, 96, 168-173. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-2141.1997.8532481.x>
- [34] Ciuffetti, G., Schillaci, G., Lombardini, R., Pirro, M., Vaudo, G. et Mannarin, E. (2005) Prognostic Impact of Low- Shear Whole Blood Viscosity in Hypertensive Men. *European Journal of Clinical Investigation*, 35, 93-98. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2362.2005.01437.x>
- [35] Letcher, R.L., Chien, S., Pickering, T.G., Sealey, J.E. et Laragh, J.H. (1981) Direct Relationship between Blood Pressure and Blood Viscosity in Normal and Hypertensive Subjects: Role of Fibrinogen and Concentration. *The American Journal of Medicine*, 70, 1195-1202. [http://dx.doi.org/10.1016/0002-9343\(81\)90827-5](http://dx.doi.org/10.1016/0002-9343(81)90827-5)
- [36] Jeong, S.K. et Rosensen, R. (2013) Viscosité sanguine spécifique du taux de cisaillement et stress de cisaillement de l'échographie en duplex de l'artère carotidienne chez les patients atteints d'infarctus lacunaire. *BMC Neurology*, 13, 36. <http://dx.doi.org/10.1186/1471-2377-13-36>
- [37] Larsen, P. et Holsworth, R. (2012) Measuring Blood Viscosity to Improve Patient Outcomes. *Lettre de Townsend : The Examiner of Alternative Medicine*. <http://www.townsendletter.com/Jan2012/measureblood0112.html>
- [38] Cho, Y.I. et Kensey, K.R. (1991) Effets de la viscosité non newtonienne du sang sur les flux dans un vaisseau artériel malade. Partie 1: Flux constants. *Biorhéologie*, 28, 241-262.
- [39] Marton, Z., Kesmarky, G., Vekasi, J., Cser, A., Russai, R., Horvath, B. et Toth, K. (2001) Red Blood Aggregation Measurements in Whole Blood and in Fibrinogen Solutions by Different Methods. *Hémorhéologie clinique et microcirculation*, 24, 75-83.
- [40] Analyseur de sang Hemathix (2013) Exigences relatives aux échantillons de test de viscosité sanguine. Rheovector LLC, Camden, 1.
- [41] Woodcock, B.E., Smith, E., Lambert, W.H., Jones, W.M., Galloway, J.H., Greaves, M. et Preston, F.E. (1984) Beneficial Effect of Fish Oil on Blood Viscosity in Peripheral Vascular Disease. *British Medical Journal (Clinical Research Ed.)*, 288, 592-594. <http://dx.doi.org/10.1136/bmj.288.6417.592>
- [42] Sinatra, S.T. (2003) L'abaissement du cholestérol avec les statines est-il l'étalon-or pour traiter les patients présentant un risque et une maladie cardiovasculaires? *Southern Medical Journal*, 96, 220-222. <http://dx.doi.org/10.1097/01.SMJ.0000051743.83926.12>
- [43] Carroll, S., Cooke, C.B. et Butterly, R.J. (2000) Activité physique, aptitude cardio-respiratoire, and the Primary Components of Blood Viscosity. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32, 353-358. <http://dx.doi.org/10.1097/00005768-200002000-00014>
- [44] El-Sayed, M. (1998) Effets de l'exercice et de l'entraînement sur la rhéologie du sang. *Sports Medicine (Auckland, N.-Z.)*, 26, 281- 292. <http://dx.doi.org/10.2165/00007256-199826050-00001>
- [45] Ernst, E.E. et Matrai, A. (1987) Claudication intermittente, exercice et rhéologie du sang. *Circulation*, 76, 1110-1114. <http://dx.doi.org/10.1161/01.CIR.76.5.1110>

[46] Brun, J.F., Khaled, S., Raynaud, E., Bouix, D., Micallef, J.P. et Orsetti, A. (1998) Les effets triphasiques de l'exercice sur la rhéologie du sang: quelle pertinence pour la physiologie et la physiopathologie? *Hémorhéologie clinique et microcirculation*, 19, 89-104.