

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC

ESSAI DE 3<sup>e</sup> CYCLE PRÉSENTÉ À  
L'UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À TROIS-RIVIÈRES

COMME EXIGENCE PARTIELLE  
DU DOCTORAT EN PSYCHOLOGIE  
(PROFIL INTERVENTION)

PAR  
CAROLINE GINGRAS

LA BASSE PRESSION ARTÉRIELLE INFLUENCE-T-ELLE LE RENDEMENT  
ATTENTIONNEL DES JEUNES ADULTES?

OCTOBRE 2014

Université du Québec à Trois-Rivières

Service de la bibliothèque

Avertissement

L'auteur de ce mémoire ou de cette thèse a autorisé l'Université du Québec à Trois-Rivières à diffuser, à des fins non lucratives, une copie de son mémoire ou de sa thèse.

Cette diffusion n'entraîne pas une renonciation de la part de l'auteur à ses droits de propriété intellectuelle, incluant le droit d'auteur, sur ce mémoire ou cette thèse. Notamment, la reproduction ou la publication de la totalité ou d'une partie importante de ce mémoire ou de cette thèse requiert son autorisation.

**UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À TROIS-RIVIÈRES**

**Cet essai de 3<sup>e</sup> cycle a été dirigé par :**

---

Christian Joyal, Ph.D., directeur de recherche      Université du Québec à Trois-Rivières

**Jury d'évaluation de l'essai :**

---

Christian Joyal, Ph.D.      Université du Québec à Trois-Rivières

---

Line Gascon, Ph.D.      Université du Québec à Trois-Rivières

---

Éliane Chevrier, Ph.D.      Centre d'évaluation neuropsychologique et  
d'orientation pédagogique (CENOP)

Ce document est rédigé sous la forme d'articles scientifiques, tel qu'il est stipulé dans les règlements des études de cycles supérieurs (138) de l'Université du Québec à Trois-Rivières. Le (les) article(s) a (ont) été rédigé(s) selon les normes de publication de revues reconnues et approuvées par le Comité d'études de cycles supérieurs en psychologie. Le nom du directeur de recherche pourrait donc apparaître comme co-auteur de l'article soumis pour publication.

## Sommaire

Alors que l'hypertension artérielle est redoutée par les professionnels de la santé depuis longtemps, la basse pression artérielle est associée à la santé et à la longévité. Pourtant, l'hypotension est souvent corrélée à un déclin du fonctionnement attentionnel, voire même à l'émergence d'un état démentiel chez la personne âgée. Malgré ces observations, la relation entre l'hypotension et le fonctionnement cognitif n'est toujours pas démontrée chez l'adulte et très peu d'études se sont attardées à cette condition physique. Eu égard aux données qui considèrent l'hypotension artérielle comme un facteur prédisposant à la démence, il serait capital de bien comprendre son effet chez les jeunes adultes afin de prévenir d'éventuels problèmes de santé. Ainsi, il devient pertinent d'étayer le rendement attentionnel des jeunes hypotendus afin de vérifier si cette condition physique nuit au bon déploiement de leurs capacités attentionnelles. Le cas échéant, des restrictions/recommandations pourraient être émises à l'égard de certaines situations dans le but d'éviter des accidents dramatiques et irréversibles (par exemple, conduite automobile prolongée, opération de machinerie, tâches de surveillance industrielle). Par ailleurs, un suivi médical plus rigoureux auprès des gens hypotendus pourrait même prévenir ou dépister l'émergence d'un déclin cognitif. Le premier objectif de ce travail de recherche était d'effectuer la recension de la documentation scientifique traitant de l'effet de la basse pression artérielle sur les capacités attentionnelles des jeunes adultes. Bien qu'il y ait peu d'études sur ce sujet, leurs résultats corroborent ceux obtenus auprès des ainés, à savoir qu'un rendement attentionnel inférieur est observé chez les adultes hypotendus comparativement aux

normotendus. Cependant, quelques lacunes méthodologiques importantes ont été décelées au sein des études publiées, justifiant la mise sur pied d'une nouvelle expérimentation. Le deuxième objectif de cet essai était donc de recruter des jeunes adultes normotendus ( $n = 43$ ) et hypotendus ( $n = 31$ ) afin d'évaluer et de comparer leur rendement attentionnel à l'aide de sept tâches informatisées. Les composantes attentionnelles d'alerte, d'attention soutenue (visuelle), sélective (auditive et visuelle), divisée (auditive et intermodale) et alternée (flexibilité cognitive) ont ainsi pu être évaluées. Il était attendu que les participants normotendus obtiendraient des temps de réaction significativement plus petits que ceux des hypotendus pour toutes les composantes attentionnelles, alors qu'aucune différence significative n'était attendue pour la précision. Contrairement aux hypothèses, les participants hypotendus étaient plus rapides, en moyenne, que les normotendus à la tâche d'attention alternée visuelle et ils ont été significativement plus précis que les normotendus à l'épreuve d'attention sélective auditive. Ainsi, non seulement la recension des écrits ne permet-elle pas de confirmer l'existence d'un lien entre la basse pression artérielle et un rendement attentionnel diminué, mais la prise en considération des limites méthodologiques des études antérieures par une nouvelle expérimentation ne permet pas non plus d'appuyer l'existence de ce lien. Néanmoins, il sera très important de poursuivre les recherches dans ce domaine étant donné la gravité potentielle des effets cognitifs d'une pathologie de la pression artérielle. Cet essai conclue en proposant des recommandations pour de futures investigations, notamment la prise en considération de sous-groupes. Par exemple, l'inclusion de mesures physiologiques ainsi que de symptômes cliniques

souvent associés à la basse pression pourrait permettre d'affiner les résultats et de mieux comprendre pourquoi certains hypotendus sont affectés au plan attentionnel alors que d'autres ne le sont pas. Par ailleurs, une étude longitudinale permettrait, d'une part, d'apprécier l'effet à long terme de la basse pression artérielle sur le fonctionnement cognitif et d'autre part, d'observer s'il existe en comorbidité des facteurs protecteurs ou aggravants du fonctionnement cognitif en lien avec la basse pression artérielle. En conclusion, le lien supposé entre l'hypotension et des déficits attentionnels n'a pu être confirmé par la présente étude, mais il mérite qu'on s'y attarde davantage.

## Table des matières

Sommaire .....	iv
Liste des tableaux .....	x
Remerciements .....	xi
Chapitre 1. Introduction générale .....	1
L'attention .....	3
Système attentionnel .....	4
L'Alerte ( <i>Alertness</i> ) .....	6
Attention soutenue .....	7
Attention sélective ( <i>orienting</i> ) .....	8
Attention divisée .....	9
Contrôle exécutif ( <i>executive control</i> ) .....	9
La pression artérielle .....	13
Hypertension artérielle .....	14
Hypertension artérielle et troubles cognitifs .....	15
Basse pression artérielle (hypotension) .....	17
Basse pression artérielle (hypotension) et cognition .....	18
Chapitre 2. Recension de la documentation scientifique (Article 1) .....	21
Abstract .....	23
Introduction .....	24
Theoretical context .....	24

Method .....	28
Results.....	28
Discussion .....	30
Conclusion .....	31
References.....	33
Chapitre 3. Expérimentation: Hypotension et capacités attentionnelles : plus de peur que de mal? .....	38
Introduction.....	40
Méthode .....	44
Les participants .....	44
Matériel .....	45
Instruments de mesure .....	46
Simple RT (alerte tonique) .....	47
Global-local (attention divisée - alternée) .....	47
Posner.....	48
Select final (attention sélective auditive).....	49
Divided auditory (test d'attention divisée auditive) .....	50
Flanker .....	52
Dividedcross (test d'attention divisée intermodale) .....	52
Déroulement.....	54
Résultats.....	55
Simple RT .....	56
Global-local.....	57

Posner.....	58
Select Final.....	59
Divided Auditory .....	60
Flanker .....	61
Divided Cross.....	62
Analyse Post-Hoc.....	63
Chapitre 4. Discussion générale.....	64
Chapitre 5. Conclusion générale .....	69
Références générales.....	73
Appendice A. Exemples visuels de certains tests .....	80
Appendice B. Formulaire de consentement .....	84
Appendice C. Questionnaire SF-12-v2 .....	88
Appendice D. Normes de l'article 1 selon la revue Biological Psychology.....	92

## **Liste des tableaux**

### Tableau

1	Summary of the empirical studies on the effects of low blood pressure on attention capacities among young adults .....	35
2	Comparaison entre le groupe Hypotendus et Normotendus selon l'âge, le genre, la scolarité et la pression artérielle (moyenne (écart-type)).....	45
3	Comparaison des TR médians moyens (en msec) entre les normotendus et les hypotendus à une tâche de TR simple .....	57
4	Comparaison des TR médians moyens (en msec) entre les normotendus et les hypotendus à une tâche d'attention sélective et alternée .....	58
5	Comparaison des temps de réaction médians moyens (en msec) entre les normotendus et les hypotendus à une tâche d'attention sélective visuelle - tâche de Posner.....	59
6	Comparaison des temps de réaction médians moyens (en msec) entre les normotendus et les hypotendus à une tâche d'attention sélective auditive .....	60
7	Comparaison des temps de réaction médians moyens (en msec) entre les normotendus et les hypotendus à une tâche d'attention divisée auditive .....	61
8	Comparaison des temps de réaction médians moyens (en msec) entre les normotendus et les hypotendus à une tâche d'attention sélective visuelle - tâche de Flanker .....	62
9	Comparaison des temps de réaction médians moyens (en msec) entre les normotendus et les hypotendus à une tâche d'attention divisée intermodale .....	63

## Remerciements

Il est maintenant temps de souligner le soutien incomparable que j'ai pu recevoir de plusieurs personnes tout au long de cette aventure. Sans l'appui de gens importants, ce document n'aurait probablement pas vu le jour. C'est pourquoi j'aimerais remercier personnellement les personnes qui m'ont apporté leur soutien, de près ou de loin, tout au long de ce processus.

Dans un premier temps, je tiens à remercier mon directeur de recherche, monsieur Christian Joyal, Ph.D., professeur au Département de psychologie de l'Université du Québec à Trois-Rivières. Son support de même que ses nombreux conseils m'ont permis de mener ce projet à terme. J'aimerais également remercier madame Marie-Claude Blais, Ph.D., professeure au Département de psychologie de l'UQTR, d'avoir accepté de siéger sur mon comité doctoral. Je voudrais souligner l'aide considérable de madame Line Cloutier, Ph.D., professeure au Département des sciences infirmières de l'UQTR, pour le prêt à très long terme du sphygmomanomètre, ses conseils judicieux quant à la technique de prise de la pression artérielle et ses suggestions de lecture à ce sujet.

Je tiens à remercier les gens qui ont accepté de participer à mon projet. Finalement, je veux remercier les membres de ma famille, amis et mon conjoint pour leurs encouragements tout au long de ce processus.

En rédigeant ces remerciements, je m'aperçois à quel point ce travail de recherche correspond à la fois à une finalité et à la fois à un nouveau départ. Ce long et sinueux périple m'a apporté de grandes fiertés, de fréquentes remises en question et de beaux défis. C'est avec grand plaisir que je vous offre cet essai doctoral et que par le fait même, j'ouvre un nouveau chapitre dans ma vie.

## **Chapitre 1**

### Introduction générale

L'hypertension artérielle (HTA), aussi appelée le tueur silencieux, est depuis quelques années la cible du réseau de la santé québécois. De fait, on cherche à sensibiliser les Québécois face à l'importance de mesurer leur pression artérielle en raison de la dimension asymptomatique de l'hypertension. Bien que la majorité des personnes hypertendues ignorent leur état physique, l'HTA peut avoir déjà causé plusieurs dommages aux organes tels que les yeux, les reins et le cerveau, siège de la cognition. Ceci étant, vaut-il mieux favoriser son contraire, une basse pression artérielle? Cette dernière est souvent associée à un signe de bonne santé cardiovasculaire. Pourtant, cette croyance est loin de faire l'unanimité. En fait, à un âge avancé, l'hypotension artérielle serait plutôt liée à un déclin cognitif, voire même à un signe précurseur de l'émergence d'une démence (Hestad, Kveberg, & Engedal, 2005; Vergheze, Lipton, Hall, Kuslansky, & Katz, 2003). Déjà, chez les jeunes adultes hypotendus, des études ont rapporté une diminution des performances attentionnelles, ce qui s'avère plutôt préoccupant considérant l'importance de cette fonction au quotidien. Constatant un lien entre les performances attentionnelles et la basse pression artérielle au sein de la population adulte active, Critchley et Mathias (2003) ont suggéré de mesurer fréquemment la pression artérielle de gens qui exercent certaines professions telles que les contrôleurs aériens, les pilotes d'avion et les chirurgiens.

Étant donné la gravité potentielle du lien entre l'hypotension et des troubles de l'attention chez le jeune adulte, le premier objectif de cet essai était de recenser les études empiriques publiées à cet égard. Cette recension fait l'objet du Chapitre 2. En raison des nombreuses failles méthodologiques relevées au sein de ces études, le second objectif de l'essai était de conduire une nouvelle expérimentation qui surmonterait ces failles. Cette étude fait l'objet du Chapitre 3. Toutefois, avant de présenter ces chapitres, une brève introduction est de mise.

### **L'attention**

Le cerveau humain est composé de milliers de réseaux neuronaux permettant une analyse raffinée de l'information endogène et exogène. À partir d'un état d'éveil suffisant, les sens offrent au cerveau une multitude d'informations lui permettant d'interagir avec son environnement. Bien que plusieurs aspects de la cognition soient primordiaux pour un bon fonctionnement au quotidien, il n'en reste pas moins que les capacités attentionnelles sont essentielles au bon traitement de l'information. Constamment sollicité, le cerveau est muni de mécanismes l'aident à sélectionner et discriminer ce qui est pertinent de ce qui ne l'est pas. C'est principalement grâce aux capacités attentionnelles que l'humain parvient à traiter l'information de son environnement qui lui permet de s'adapter à une situation donnée en adoptant un comportement adéquat.

## Système attentionnel

Depuis les dernières décennies, l'étude des capacités attentionnelles a été au premier plan dans le domaine des neurosciences (Raz, 2004). Il est clair que l'attention ne peut être considérée comme une seule entité (Cabeza & Nyberg, 2000). L'attention constitue plutôt un ensemble de systèmes, plus ou moins délimités, qui interagissent mutuellement pour la bonne exécution de tâches perceptives, cognitives et motrices (Posner & Petersen, 1990). Les capacités attentionnelles, étant à la base du traitement de l'information, sont donc essentielles au bon déroulement des fonctions cognitives supérieures.

De façon générale, l'attention peut être définie comme étant l'habileté à maintenir une ligne directrice pour une pensée ou une action (Geschwind, 1982, cité dans Filley, 2002). Les articles portant sur l'attention sont souvent basés sur la théorie du réseau attentionnel (*Attentional network*) proposée par Posner et Petersen (1990). Cette théorie avance que l'attention est subdivisée en trois réseaux distincts : 1) l'alerte qui correspond à l'état d'éveil permettant à la personne de réagir face à un stimulus; 2) l'orientation qui permet à l'individu de sélectionner les éléments pertinents parmi des stimuli compétitifs; et 3) le contrôle exécutif qui est sollicité dans la résolution de conflits et les nouvelles situations (Posner & Petersen, 1990). Ces trois réseaux attentionnels ont été physiquement identifiés par des données d'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle et ils seraient largement distribués au niveau cortical et sous-cortical (Fan, McCandliss, Fossella, Flombaum, & Posner, 2005). Des études

pharmacologiques ont également démontré qu'ils étaient supportés par différents neuromodulateurs (Raz, 2004; Raz & Buhle, 2006). Sommairement, il appert que le réseau de l'alerte serait modulé par la noradrénaline et montre des activations au niveau thalamique en plus des régions cérébrales antérieures et postérieures. La composante *orientation*, qui est modulée par l'acétylcholine, activerait entre autres le cortex postéro-pariétal et les noyaux pulvinar du thalamus. Le contrôle exécutif, modulé par la dopamine, active principalement le gyrus cingulaire antérieur et les noyaux gris centraux (Berger & Posner, 2000; Fan & Posner, 2004; Posner, 2008; Posner & Boies (1971); Posner & Rothbart, 2007; Raz, 2004). Van Someren et Brouwer (1994), quant à eux, ont proposé la présence de deux composantes attentionnelles distinctes : 1) l'intensité (alerte et attention soutenue); et 2) la sélectivité (attention sélective et divisée).

Bien que les composantes attentionnelles soient distinctes, elles ne sont pas pour autant indépendantes. Au contraire, elles sont interreliées et le dysfonctionnement de l'une causera des difficultés pour une ou plusieurs autres. En outre, des capacités telles que la perception, le traitement et l'encodage de l'information dépendent de l'attention. Cette dernière doit être dirigée (sélective) vers l'information cible et le niveau d'intensité doit être adapté à la tâche en cours pour que les fonctions cognitives subséquentes se déplient de façon optimale. Il est donc primordial de bien mesurer et de bien discriminer la nature de l'atteinte attentionnelle afin de bien intervenir et de rééduquer adéquatement la lacune. Voici donc les différentes composantes attentionnelles amplement utilisées en clinique et en recherche.

**L'Alerte (Alertness).** L'alerte réfère à l'état d'éveil prédisposant la personne à répondre à un stimulus significatif. Cette habileté se subdivise en deux parties : la composante tonique (état d'éveil circadien, involontaire) et la composante phasique (l'augmentation de l'état d'éveil suivant un signal annonçant l'arrivée d'un événement) (van Zomeren & Brouwer, 1994). En clinique, l'alerte tonique est mesurée par des temps de réaction simple sans signal d'alarme dans une tâche relativement courte. Chez les personnes ayant une difficulté à ce niveau, les temps de réaction sont lents et s'observent dans plusieurs tâches cognitives. Au plan anatomique, l'alerte tonique est principalement assumée par le locus coeruleus du tronc cérébral (formation réticulée) et elle est modulée par la noradrénaline (système noradrénergique). Selon des études effectuées auprès de gens cérébro-lésés à l'hémisphère droit, il appert que cet hémisphère aurait une implication dans le maintien et le contrôle des aspects d'intensité. De fait, dans ces cas, les temps de réaction dans les tâches d'alerte tonique étaient dramatiquement augmentés alors que l'alerte phasique était préservée (Posner, Walker, Friedrich, & Rafal, 1987).

L'aspect phasique de l'alerte représente l'état optimal de réceptivité et de réactivité face à une cible dont la venue imminente est annoncée par un signal. Cette habileté est mesurée à l'aide de tâches de temps de réaction avec signal d'alarme. Souvent, des tâches de temps de réaction avec et sans signal d'alarme sont comparées afin d'objectiver l'effet du signal sur le rendement. Lorsqu'une amorce est utilisée, Sturm et ses collègues (1999) ont observé des activations supplémentaires dans le thalamus ainsi qu'au niveau des gyri frontal supérieur et ventrolatéral de l'hémisphère gauche. Ils

expliquent cette activation par le fait que ce signal d'alarme doit être inhibé, ce qui corrobore les résultats d'études menées auprès de patients lésés à l'hémisphère gauche (Tartaglione, Bino, Manzino, Spadavecchia, & Favale, 1986). Sans l'inhibition de cet indice, les performances sont perturbées.

**Attention soutenue.** Plusieurs auteurs utilisent les concepts de vigilance et d'attention soutenue comme synonymes. En fait, ils se situent aux extrémités du continuum d'intensité. En tâche de vigilance, peu de stimuli cibles sont présentés, donc peu de réponses sont attendues par la personne bien qu'elle doive toujours être concentrée (par ex., un contrôleur aérien). À l'opposé, lors d'une tâche d'attention soutenue, l'information est présentée rapidement et continuellement, ce qui exige un traitement actif et ininterrompu de la part de la personne (par ex., un travailleur à la bourse de New York). Cliniquement, l'attention soutenue est mesurée par des tâches permettant l'enregistrement prolongé et continu de la qualité et de la rapidité des performances. Certaines de ces épreuves se caractérisent par un niveau d'exigence élevé sur le plan cognitif puisqu'elles amènent le sujet à fonctionner à la limite de ses capacités. L'attention soutenue peut être affectée par plusieurs aspects et n'est pas considérée comme une composante attentionnelle indépendante (van Zomeren & Brouwer, 1994) du fait que les tâches la mesurant requièrent aussi de l'attention sélective, divisée et même un certain contrôle exécutif. Par ailleurs, elle dépend de la vigilance, de la capacité à détecter un stimulus et à résister à la distraction (Bérubé, 1991). Comparativement à l'alerte, le temps de réaction n'est pas le seul indicateur pour

évaluer l'efficacité de l'attention soutenue; il faut tenir compte de la précision (omission, commission, réponses correctes) tout au long de la tâche. Deux phénomènes sont typiquement liés à l'attention soutenue : la fatigabilité et les blancs attentionnels. La fatigabilité s'observe par une diminution de la précision et une augmentation du temps de réaction en fin de tâche alors que les blancs attentionnels se répercutent par une hausse ponctuelle de courte durée des temps de réaction (fluctuation de la performance). Au plan neuroanatomique, cette composante attentionnelle est souvent associée au cortex préfrontal dorsolatéral et pariétal inférieur de l'hémisphère droit.

**Attention sélective (*orienting*).** L'attention sélective est sans aucun doute la fonction la plus connue et la plus étudiée dans le domaine de la psychologie cognitive. Elle se définit comme étant l'action de centrer volontairement ses mécanismes de perception sur un stimulus particulier et de traiter activement cette information au détriment des stimuli superflus (Bérubé, 1991). Pour un fonctionnement optimal, l'éveil, la capacité de réaction et l'orientation attentionnelle doivent être préservés. Tout dépendant du nombre de caractéristiques similaires partagées entre la cible et les stimuli compétitifs, le contrôle exécutif sera sollicité à divers degrés. Au plan neuroanatomique, plusieurs régions cérébrales sont sollicitées lors de l'exécution d'une tâche d'attention sélective : cortex orbitofrontal de l'hémisphère gauche, connexions fronto-thalamiques au noyau réticulaire du thalamus, gyrus cingulaire antérieur. L'attention sélective visuospatiale est, pour sa part, gérée par le cortex pariétal postérieur, le colliculus

supérieur et le pulvinar du thalamus. De plus, l'acétylcholine est connue pour moduler cette fonction.

**Attention divisée.** L'attention divisée est d'une grande importance au quotidien puisque les situations requérant cette habileté font partie de la règle, non de l'exception. Elle consiste à prêter attention à au moins deux stimuli simultanément. Un exemple commun tiré du quotidien d'un étudiant serait celui de prendre des notes en même temps qu'écouter un enseignant. L'attention divisée est déterminée par deux facteurs : 1) la vitesse du traitement de l'information; et 2) l'usage d'un mécanisme de contrôle : allocation des ressources et l'alternance entre les tâches. Au plan neuroanatomique, le cortex préfrontal dorsolatéral (hémisphère droit en tâche intermodale; bilatéral en situation de tâche double au sein d'une même modalité) est connu pour permettre le bon fonctionnement de cette composante.

**Contrôle exécutif (*executive control*).** Ce concept est encore à l'étude et aucun consensus n'existe à savoir s'il appartient à la mémoire de travail, aux fonctions exécutives ou bien à l'attention. Or, il est évident que pour un traitement adéquat de l'information, tant au niveau de l'intensité que de la sélectivité, deux fonctions cognitives supérieures doivent également être considérées au sein du système attentionnel : l'inhibition et la mémoire de travail (Kerns & Mateer, 1996). En fait, différents modèles du contrôle cognitif ont illustré l'interaction entre ces deux composantes cognitives supérieures : 1) supprimer l'information concurrente (inhibition)

(Casey, Tottenham, & Fossella, 2002); et 2) maintenir l'information pertinente afin de guider le bon comportement à adopter (mémoire de travail) (Miller & Cohen, 2001).

Casey et ses collègues (2002) ont mentionné qu'un facteur important dans le processus cognitif est l'habileté à supprimer les réponses attentionnelles et comportementales concurrentes à l'accomplissement d'une tâche immédiate. Ce processus a été inclus dans plusieurs modèles attentionnels ainsi que dans certains modèles traitant de la mémoire de travail (Baddeley, 1986; Desimone & Duncan, 1995; Shallice, 1988). Par exemple, Shallice (1988) propose un « système superviseur attentionnel » (*supervisory attentional system*) ayant pour fonction d'inhiber ou de remplacer les éléments routiniers et les comportements réflexes par des conduites plus adéquates à une situation donnée. Desimone et Duncan (1995) ont décrit un signal descendant (*top-down*) ayant pour but de centrer l'attention sur les informations pertinentes tout en supprimant les informations superflues. Ces travaux ont donc permis d'établir qu'une des fonctions primitives du contrôle cognitif correspond à réduire le conflit à l'intérieur du traitement de l'information (Allport, 1987; Cohen & Servan-Schreiber, 1992). Le modèle du contrôle cognitif de Casey et al. (2002) suggère une implication des noyaux gris centraux et du lobe frontal. En fait, les noyaux gris centraux sont reconnus pour leur rôle inhibiteur (GABA) sur les pensées et comportements inappropriés (Mink, 1996), tandis que les lobes frontaux sont plutôt connus pour leurs projections excitatrices (glutamate) servant à la guidance des comportements. Ainsi, le maintien actif de l'information pertinente (mémoire de travail) et l'élimination des

informations interférentes (inhibition) reposent respectivement et de façon cruciale sur l'activité des lobes frontaux et des noyaux gris centraux (Miller & Cohen, 2001).

Plus particulièrement, Miller et Cohen (2001) proposent que le cortex préfrontal dorsolateral (CPFDL) régit une tâche spécifique à l'intérieur des fonctions exécutives, notamment le maintien actif des réseaux neuronaux représentant un but et/ou un moyen de l'accomplir. L'information serait maintenue dans un état actif au sein du CPFDL par l'entremise de connexions excitatrices récurrentes. Un dysfonctionnement du CPF résulterait donc en un déficit de l'habileté à maintenir de l'information pertinente, ce qui peut engendrer des difficultés attentionnelles, comme une diminution de l'attention soutenue et de l'attention sélective. Ainsi, ces résultats soulèvent l'importance de ces fonctions exécutives « primaires » pour assurer le bon déploiement de l'attention. Le contrôle exécutif impliquerait les régions médianes du lobe frontal incluant le gyrus cingulaire antérieur, l'aire motrice supplémentaire et une portion des ganglions de la base. Ces derniers seraient particulièrement importants dans le relais des connexions entre le contrôle attentionnel et les opérations des autres composantes attentionnelles (LaBerge, 1990).

Beaucoup d'études d'imageries fonctionnelles ont examiné des tâches dans lesquelles le contrôle exécutif était sollicité (Rueda, Rothbart, McCandliss, Saccomanno, & Posner, 2005). Ces tâches activent une grande étendue de la région frontale. Fan, Fossella, Summer et Posner (2003) ont comparé trois tâches de paradigmes conflictuels

(Stroop, conflit spatial, Flanker). Les analyses ont dévoilé une activation au niveau du gyrus cingulaire antérieur et de l'aire préfrontale gauche (aire de broadman 10). La région frontale médiane semble davantage impliquée dans le contrôle exécutif et est activée principalement lorsqu'un conflit existe entre un stimulus et une réponse (Rueda et al., 2005). Le cortex préfrontal latéral semble être important dans le maintien mental de l'information pertinente pour l'accomplissement de la tâche. Le gyrus cingulaire antérieur et le cortex frontal latéral sont associés au système dopaminergique du tegmentum ventral.

L'attention est une fonction cognitive complexe, l'une des plus sollicitées au quotidien. En fait, elle est à la base du traitement de l'information et, donc, elle a une forte influence sur les fonctions cognitives supérieures telles que la mémoire et les fonctions exécutives. C'est pour cette raison que de bonnes connaissances des différentes composantes attentionnelles est essentielle à l'étude des pathologies de l'attention. Malheureusement, l'attention est à la fois très importante au quotidien et extrêmement fragile. De fait, considérant le vaste territoire cérébral occupé par les réseaux attentionnels, il n'est pas surprenant que ces composantes soient fréquemment atteintes suite à un dommage cérébral (Park & Barbuto, 2005). C'est pourquoi une atteinte associée à une simple perturbation de la pression artérielle (haute ou basse) est probable.

### **La pression artérielle**

La pression artérielle (PA) correspond à la charge exercée par le sang sur les parois des vaisseaux sanguins. Elle se mesure principalement en millimètre de mercure (mmHg). Deux mesures représentent la pression artérielle : la systole et la diastole. La systole correspond à la pression exercée sur les parois lorsque le sang quitte le cœur pour rejoindre l'ensemble du corps (mesure la plus élevée). La diastole est représentée par la plus basse mesure et représente la pression exercée lorsque le cœur se remplit à nouveau de sang. Pour un fonctionnement optimal, le corps nécessite un apport sanguin constant. La régulation de la pression artérielle est assurée par des mécanismes nerveux et humoraux. Ces mécanismes de régulation ne parviennent pas à augmenter une pression chroniquement basse (hypotension artérielle) ou diminuer une pression artérielle continuellement élevée (hypertension artérielle) (Marieb, 1993).

Puisque la PA peut être influencée par plusieurs facteurs, comme parler, se croiser les jambes, se gratter, il est important de suivre une démarche rigoureuse pour la mesurer. À cet effet, le British Hypertension Society (Gerin, Goyal, Mostofsky, & Shimbo, 2008) a fourni quelques recommandations afin d'obtenir une mesure fiable de la pression artérielle. Dans un premier temps, il est recommandé de faire porter des vêtements amples à la personne et de s'assurer qu'elle évite de consommer de la caféine ou du tabac, ainsi que de faire de l'activité physique quatre heures avant la mesure. Lors de la mesure, la personne doit demeurer assise, le dos appuyé sur le dossier pendant au moins cinq minutes dans une pièce silencieuse. Le bras doit être détendu et supporté à la

hauteur du cœur; les jambes doivent être décroisées, les pieds au sol. En tout temps, il lui est demandé de relaxer et de s'abstenir de parler. Par ailleurs, il importe d'utiliser un appareil calibré ainsi qu'un brassard respectant le diamètre du bras, sans quoi la mesure peut s'avérer erronée.

### **Hypertension artérielle**

Tel que susmentionné, le fonctionnement adéquat de l'activité cérébrale dépend de la santé vasculaire. Malheureusement, bien que les connaissances actuelles sur les maladies cardiovasculaires permettent d'en prévenir l'apparition pour une grande partie, elles demeurent toujours au premier rang des maladies les plus mortelles du Canada. La cardiopathie a un impact majeur sur la qualité de vie, qui se manifeste notamment sous forme de douleurs ou malaises chroniques, de limitation des activités, d'invalidité et de chômage. Depuis la dernière décennie, les recherches dans le milieu de la santé s'intéressent de plus en plus à la prévention des maladies chroniques et dégénératives. L'hypertension artérielle (HTA) est l'une des conditions primaires à dépister et à traiter rapidement dans le but d'éviter des maladies cardiovasculaires et des accidents vasculaires cérébraux. L'HTA est l'une des atteintes vasculaires les plus fréquentes et l'une des plus redoutées en raison de son côté asymptomatique. En fait, l'HTA est communément appelée le « tueur silencieux » puisqu'elle ravage plusieurs organes alors que la personne ignore complètement son existence. Concrètement, l'hypertension artérielle correspond à une pression systolique supérieure à 140 mmHg ou une pression diastolique supérieure à 90 mmHg. Cette pression continuellement élevée endommage

les parois des vaisseaux sanguins et provoque ainsi des ravages au niveau de plusieurs organes tels que le cœur, les reins, les yeux et le cerveau (Waldstein & Katzel, 2001). Déjà en 1928, Oppenheimer et Fischberg reconnaissaient l'impact de l'HTA sur le cerveau et nommaient cette condition encéphalopathie hypertensive.

### **Hypertension artérielle et troubles cognitifs**

Étant donné l'effet néfaste que peut avoir l'HTA sur le cerveau, il n'est pas étonnant que cette condition ait retenu l'intérêt de plusieurs chercheurs en cognition (Waldstein, Snow, Muldoon, & Katzel, 2001). Bien que la majorité des études aient démontré une relation entre la haute pression artérielle et le fonctionnement cognitif (Waldstein & Katzel, 2001), il appert que l'impact de l'HTA sur la cognition varie selon les problèmes physiques comorbides associés. En fait, l'hypertension artérielle est une condition hétérogène impliquant divers déterminants physiologiques. Ainsi, une personne souffrant d'HTA peut avoir un dysfonctionnement rénal induisant une hausse de la pression artérielle alors qu'une autre peut avoir une stimulation du système nerveux autonome sympathique. Il serait donc possible qu'il y ait des sous-groupes d'HTA plus vulnérables à une diminution des performances neuropsychologiques (Kuusisto et al., 1993). À long terme, l'hypertension accélèrerait le déclin cognitif et cérébral, et ce, même chez les personnes présentant un haut risque de maladie vasculaire (Raz, Rodrigue, Kennedy, & Acker, 2007). Bon nombre d'études s'intéressant à ce sujet ont sélectionné des personnes âgées considérant l'incidence élevée de l'HTA au sein de cette population (Wharton et al., 2006). Fait intéressant, il semblerait exister une

association non pas linéaire, mais curvilinéaire entre la pression artérielle et la démence. Une étude transversale totalisant 5816 participants âgés de 65 ans et plus a examiné la relation entre la pression artérielle et les fonctions cognitives, soulevant comme hypothèse une association curvilinéaire chez les personnes âgées (Morris et al., 2002). Fait important, les résultats suggéraient la présence d'une association en forme de U-inversé entre la pression artérielle et les résultats aux tâches cognitives. Malheureusement, chez les personnes âgées, il est plus difficile d'isoler l'effet de l'hypertension artérielle de celui d'autres conditions de santé associées.

Bien qu'on ait longtemps cru que les baisses de fonctionnement cognitif soient directement causées par l'hypertension artérielle, il semblerait que les atteintes cognitives surviennent préalablement. En fait, il existerait déjà une différence dans certaines sphères cognitives chez de jeunes garçons dont l'hypertension artérielle n'est pas encore reconnue cliniquement (Ditto, Séguin, & Tremblay, 2006). Ditto et ses collègues (2006) ont recruté des adolescents âgés de 14 ans et ceux qui présentaient un nombre plus élevé de facteurs de risque (histoire parentale d'hypertension artérielle, une pression normative élevée) présentaient également des performances cognitives significativement inférieures au niveau de l'apprentissage verbal et spatial, en plus d'une performance mnésique significativement inférieure. Cette étude supportait donc l'hypothèse que certaines atteintes cognitives objectivées chez les hypertendus semblent être présentes avant même que l'individu ait développé une pression reconnue comme étant cliniquement élevée. Par ailleurs, l'effet d'une pression artérielle légèrement et

modérément élevée sur la cognition chez 5077 enfants américains âgés entre 6 et 16 ans a été investigué par Lande et ses collègues (2003). Les résultats soulèvent déjà une performance significativement moindre chez les enfants avec une haute pression systolique comparativement aux normotendus à la tâche d'empan de chiffres et de blocs. Par contre, malgré une diminution de performance à certaines épreuves psychométriques chez les enfants présentant une haute pression artérielle, il semblerait que la PA doit être sévèrement élevée avant qu'il y ait atteinte du système nerveux central (Belsha, 1999).

Il semble que seule la normotension (juste milieu) soit associée à de bonnes capacités cognitives. Bien que la basse pression artérielle soit encore aujourd'hui considérée comme un facteur protecteur de maladies cardiovasculaires, le serait-elle également au niveau de la préservation cérébrale?

### **Basse pression artérielle (hypotension)**

L'organisation mondiale de la santé (OMS) définit l'hypotension essentielle par une pression systolique inférieure à 100 mmHg pour les femmes et de moins de 110 mmHg pour les hommes, sans égard à la pression diastolique et les symptômes associés (World Health Organization, 1978). Il s'agit d'une condition chronique entraînant une basse pression artérielle ne résultant pas d'un facteur pathologique. Contrairement à la haute pression artérielle, la basse pression est généralement associée à une bonne santé cardiovasculaire, comme on le voit chez les athlètes de haut niveau par exemple. Parmi la population générale cependant, il s'avère que les hypotendus diffèrent des

normotendus au niveau de certains aspects psychologiques. Davis (1970), ainsi que Schalling et Svensson (1984) ont rapporté que les hypotendus avaient un score plus élevé que les normotendus au niveau des troubles de l'humeur et du névrotisme (tendance à éprouver des émotions négatives). Par ailleurs, des plaintes subjectives telles que la fatigue, les maux de tête, le manque de concentration et d'appétit, les mains et/ou les pieds froids, des palpitations et un manque d'initiative provenant des gens ayant une basse pression artérielle ont suggéré plusieurs hypothèses (Rosengren, Tibblin, & Wilhelmsen, 1993; Wessely, Nickson, & Cox, 1990). Par exemple, certains scientifiques se sont demandé si une basse pression préservait vraiment l'intégrité cérébrale, que ce soit au niveau anatomique ou fonctionnel.

### **Basse pression artérielle (hypotension) et cognition**

L'hypotension artérielle est plutôt négligée dans le monde de la psychologie cognitive. Comparativement à l'hypertension, peu d'études se sont intéressées à la relation entre l'hypotension artérielle et la cognition. Toutefois, la majorité de ces études semble rapporter des changements cognitifs chez les personnes hypotendues.

Selon une revue descriptive de la documentation scientifique effectuée par Duschek & Schandry (2007), l'hypotension constitutionnelle influence négativement la perfusion cérébrale et les performances cognitives. Selon ces auteurs, les résultats disponibles supportaient l'hypothèse d'une performance moindre chez les hypotendus, tant au plan attentionnel que mnésique (Duschek & Schandry, 2007). Les gens ayant une basse

pression artérielle sont plus lents (temps de réaction élevé), et présentent une alerte tonique et une flexibilité cognitive amoindries comparativement aux normotendus. Cependant, seules sept publications ont été répertoriées, la majorité provenant du laboratoire de Duschek, et plusieurs variables non contrôlées pourraient teinter les résultats (définition de l'hypotension, façon de mesurer l'hypotension, types d'épreuve attentionnelle, âge des participants, etc.). Ainsi, un second regard, plus critique, sur cette documentation est nécessaire.

L'équipe de Duschek a également rapporté des rendements attentionnels inférieurs de leurs participants hypotendus et un flux sanguin cérébral diminué comparativement aux normotendus (Duschek & Schandry, 2004). Cependant, d'autres études ne soutiennent pas les mêmes liens. À cet effet, Bertsch et ses collègues (Bertsch, Hagemann, Hermes, Walter, Khan, & Naumann 2009) ont comparé le débit sanguin cérébral d'adultes jeunes (20-30 ans) et plus âgés (60-70 ans) lorsqu'ils exécutaient des tâches attentionnelles (alerte tonique et phasique, attention sélective et divisée). Contrairement à l'hypothèse de Duschek et Schandry et leurs collègues (Duschek & Schandry, 2004, 2007), ils ont trouvé une corrélation négative entre l'ampleur du débit sanguin et le rendement à la tâche d'attention sélective chez les jeunes adultes. Ainsi, un moindre débit sanguin était associé à de meilleures performances (temps de réaction) et non l'inverse chez les jeunes adultes (Bertsch et al., 2009). Par ailleurs, aucune association entre le FSC et les résultats à une tâche d'alerte et d'attention divisée n'a été trouvée.

Les études d'imagerie fonctionnelle se sont grandement intéressées à la distribution locale du débit sanguin cérébral alors que peu d'importance a été accordée à la dimension temporelle de la réponse hémodynamique (Duschek & Schandry, 2003). Toutefois, en 2007, l'équipe de Duschek a centré ses analyses sur la rapidité de l'augmentation du débit sanguin cérébral lors d'une tâche de planification mentale informatisée (Schuepbach, Boeker, Duschek, & Hell, 2007). Ils ont découvert que la hausse de la vitesse sanguine dans l'artère cérébrale moyenne gauche au cours des deux premières secondes suivant le début de la tâche expliquerait plus de 60 pour cent de la variance reliée au rendement. Un fait intéressant est que, bien que la pression artérielle était incluse comme covariable, elle n'influençait pas l'équation de façon significative. Par conséquent, la basse pression affecte-t-elle négativement le rendement attentionnel? Ou doit-elle atteindre un seuil cliniquement significatif pour qu'un effet sur les capacités attentionnelles soit significatif?

Le présent essai tentera de répondre à cette question en trois actes. La première partie, présentée sous forme d'un article de revue (en anglais, Chapitre 2, à soumettre), est consacrée au relevé critique des études existantes sur le lien supposé entre l'attention et l'hypotension. La deuxième partie (Chapitre 3) décrit une étude expérimentale effectuée en fonction des limites observées dans le relevé de la documentation. Enfin, la dernière partie (Chapitres 4 et 5) est constituée d'une discussion et d'une conclusion générale ainsi que des appendices.

## **Chapitre 2**

Recension de la documentation scientifique (Article 1)

## Low blood pressure and attention: How strong a link?

Caroline Gingras, Christian C. Joyal et Jacques Baillargeon

Université du Québec à Trois-Rivières

Keywords: low blood pressure, attention, hypotension, adults

**Abstract**

We often associate a chronic non-optimal blood pressure (hypertension or hypotension) with cognitive impairments, specifically attention, which could have important repercussions on the individual, people around him/her and the society. However, the link between hypotension and cognitive impairments, including attention difficulties, is far from being clear, specifically among adults under 65. The main objective of this review was to conduct an exhaustive review of the relevant documentation to verify the presence and the extent of this supposed link. First, the results indicate that there is still only a small number of neuropsychological studies about young adults suffering from hypotension ( $n = 8$ ). Second, the aggregate of the numerous deficit components is rarely considered and many methodological flaws are highlighted. So the link between low blood pressure and attentional abilities among young adults is not demonstrated and further investigations will have to be set up.

## **Introduction**

The presence of cognitive dysfunctions among people suffering from hypertension is well documented and they typically suffer from attention difficulties (see Waldstein & Elias, 2001 for a review). More recently, Morris and his colleagues (2002) have not found a linear relation but a curvilinear relation between blood pressure and cognition. With a sample of 5816 participants aged 65 and over, they showed that people suffering from hyper- but also hypotension presented cognitive scores well above those with a normal blood pressure. It is even suggested that low blood pressure represents a significant risk in the development of a dementia (Hestad, Kveberg, & Engedal, 2005; Verghese, Lipton, Hall, Kuslansky, & Katz, 2003). These data only concern elderly people, the prevalence being higher among this age group (Wharton et al., 2006). In young adults, the situation is not as clear. On the one hand, hypotension is typically associated with a good cardiovascular health and on the other hand, some authors voice a similar link to the one observed among elderly people for cognitive functions (e.g. Duschek & Schandry, 2007). The main objective of this study was to review the related documentation to suggest a state of things.

## **Theoretical Context**

If hypotension is really associated with cognitive dysfunctions, notably attention limitations, this will have repercussions on the individual itself but also on the people close to him/her and the society in general. For example, it has been suggested to forbid or at least to insure a specific follow-up for professions requiring excellent attention abilities like airplane pilot, air control or surgeon to people with low blood pressure

(Schatz, 2007). Concerning prevention, many types of strategies could be considered if in fact low blood pressure among young adults is also associated with lower cognitive capacities or a progressive decline of capacities (e.g. systematic screening or medication). However, the idea of a link between hypotension and cognitive impairments among young adults is relatively recent and important variables must be addressed. First, the definition and measurement of hypotension should be constant across studies.

According to the World Health Organization (WHO, 1978), low blood pressure is defined as follow: a systole under 100mmHg among women, and a systole under 110 mmHg among men without taking the diastole into account. This condition should not be the consequence of a pathological factor. This definition as well as the appropriate way of measuring blood pressure in an experimental context should be respected by neuropsychological studies. The British Hypertension Society recommends taking a minimum of three measures of the blood pressure with a pause of at least one minute between each of them (see Gerin, Goyal, Mostofsky, & Shimbo, 2008). Before taking the blood pressure the patient should be seated for five minutes, calm, legs uncrossed and feet on the ground, back leaned against the back of the chair with the arm relaxed at the heart's height.

The origin of hypotension is also important. Although low blood pressure is often associated with a good heart health (e.g. sportsmen of high level), people suffering from hypotension often complain about excessive tiredness, concentration difficulties and a lack of initiative (Rosengren, Tibblin, & Wilhelmsen, 1993; Wessely, Nickson, &

Cox, 1990). It is thus possible that hypotension from an intense physical training (acquired) is different from constitutional chronic hypotension. The type of hypotension should then be considered or at least be controlled by neuropsychological studies for factors that can influence the blood pressure (pregnancy, medication, physical activity).

What about attention?

We often refer to attention as a unique entity but it is not the case. Even though there is still not any consensus about the nature and the number of attention subcomponents, most of the authors agree to divide attention functions in at least two distinct and interrelated parts: the intensity (alert and sustained attention) and the selectivity (selective and divided attention) (e.g van Zomeren & Brouwer, 1994). To insure a good cognitive functioning, an attention control must be carried on: to inhibit irrelevant stimulus and maintain the important components to consider and manipulate (Posner & Petersen, 1990; van Zomeren & Brouwer, 1994). The attention functioning is mostly measured with tasks of reaction time, taking the accuracy into account. In an experimental estimate, median reaction times are to be prioritized as they diminish the effect of extreme reaction times (while means reaction time are affected by those aberrant measures) (Duschek, Meinhardt, & Schandry, 2006; Martin & Baillargeon, 1989). It is then desirable to distinguish those different components and to evaluate them properly to understand the global attention functioning among people suffering from hypotension and anticipate the difficulties that can be met in everyday life.

Recently, Duschek and Schandry (2007) concluded from a review of the literature that a link exists between constitutional hypotension, cerebral blood flow, and cognitive impairment (affecting most notably attention and memory).<sup>27</sup>

A first Italian paper reported higher reaction times and impaired verbal memory and arithmetic processing in young hypotensive females (Stegagno et al., 1996, cited in Duschek & Schandry, 2007). Subsequent studies also found impaired cognitive functions in young hypotensive adults (speed of information processing, working memory, concentration and, most notably, attention), although they were all conducted by the same team (Duschek, Matthias, & Schandry, 2005; Duschek, Weisz, & Schandry, 2003; Weisz et al., 2002). Most studies only considered one or two components of attention processing, with the exception of Duschek et al (2005), who used 6 different computerized tasks assessing specific components (alertness, selective attention, sustained attention, divided attention and working memory). They found significantly higher reaction times in all tasks for hypotensive participants compared with normotensive persons (aged between 19 and 45; Duschek et al (2005). Mild impairment was also found for sustained attention and working memory. This is the sole study to have separately considered components of attention capacities among hypotensive young adults.

However, Duschek and Schandry (2007) found only seven publications overall, and the results might in fact seem conflicting. Some studies indicate a general slowing-down and a slowing-down of alertness while others suggest slowness only on the processes of attention flexibility and in visuospatial attention tasks. Important variables such as the

definition and measurement of hypotension, type of attention process assessed, and different participants' characteristics might have interfered.

Given the importance of the potential association between hypotension and cognitive impairment in young adults, we updated the review of the literature with consideration for the type of attention task used, the definition and the measurement of blood pressure and the average age of the participants to verify the importance of that link.

### **Method**

A bibliographic searching has been carried out with the search engines *Psychinfo*, *Medline*, *Google Scholar* and *Scopus* and the key words *low blood pressure*, *hypotension*, *attention*, *cognition*, *neuropsychology* to list the scientific articles published until 2009 on the link between hypotension and attention capacities among young adults. The studies were to be published in English or in French. Available theses in pdf format have also been considered as well as all the references encountered by the listed articles. Inasmuch the little documented studies and the methodological differences, it has been impossible to conduct a meta-analysis.

### **Results**

Eight publications concerning attention capacities among adults with constitutional hypotension were found (Table 1).

[Insert Table I approximately here]

A first finding is that most of these studies have been carried out by the same team (Costa, Stegagno, Schandry, & Ricci Bitti, 1998; Duschek et al., 2005, 2006; Duschek &

Schandry, 2004, 2006; Duschek et al., 2003; Weisz et al., 2002). Two of them have the same sample (Duschek & Schandry, 2004, 2006). Moreover, seven of them did not respect the criteria of low blood pressure suggested by the WHO (1978) (Costa et al., 1998; Duschek et al., 2003, 2006; Duschek & Schandry, 2004, 2006; Weisz et al., 2002; Wharton et al., 2006). Only one study considered the different attention components together (Duschek et al., 2005), and another study included people aged over 64 (Morris et al., 2002).

Furthermore, some studies used the mean reaction time instead of the median (Duschek et al., 2003; Duschek & Schandry, 2004; Wharton et al., 2006). It has been clearly demonstrated that the use of the mean in the statistical analysis could bias significantly the data since it includes the outliers' reaction times into account. Concerning the alert, which is measured by simple reaction time tasks with (phasic alert) or without (tonic alert) trigger, the results are not consistent. While Costa and his team (1998) found no significant difference between those with low blood pressure and those with normal blood pressure for the reaction times to the imperative stimulus, other studies reported a significant increase of the reaction time among those suffering from low blood pressure (Weisz et al., 2002; Duschek et al., 2003, 2005, 2006; Duschek & Schandry, 2004). The sustained attention is also disputed: Weisz et al. (2002) have found no difference between those with low and those with normal blood pressure while Duschek et al. (2005) noticed an increased reaction time among those with low blood pressure. The selective attention, measured by the test d2, ZVT or a Go/noGo test, shows some inconsistencies. The results of the d2 selective attention test are rather

convergent that is to say a better performance among those with a normal blood pressure. On the other hand, for the ZVT test, while Duschek et al. (2003) did not find any significant difference, Costa et al. (1998) lay down that those with a normal blood pressure are quicker than those with a low blood pressure. However, it has to be mentioned that in the study conducted by Costa et al. (1998), results appear to be significantly different even at the clinical level. In fact, there is almost a standard deviation gap between the low blood pressure group and the control group, in favour of the latter. Weisz et al. (2002) have said that those with a low blood pressure need more time than those with a normal one to complete an attention flexibility test. They would also need more time in completing double-tasks (Duschek et al., 2005) and spatial orientation tasks « miscued » (Wharton et al., 2006).

## **Discussion**

Even though the documented studies reveal significant differences between people with a low and those with a normal blood pressure, only one of them has measured all of the attention components without important methodological or statistical weaknesses (Duschek et al., 2005). The global evaluation of the attention functioning is essential because every component has different consequences on the cognitive and then the professional level. Most of the aforementioned studies explain the below performance among those with a low blood pressure by a lower cerebral blood flow when compared to those with a normal blood pressure. However, Duschek, Schuepbach and Schandry (2008) have studied the link between the attention performance and the speed of the cerebral hemodynamic modulation. To do so, they have divided the sample in two, in

accordance with the reaction time to the starting task (slow vs quick; Duschek et al., 2008). Both groups were the same on the blood pressure level (which varied between 100mmHg and 130mmHg). A link between the modulation of the cerebral blood flow and the reaction times was observed although no correlation with blood pressure was significant (Duschek et al., 2008). It is then surprising that some studies found that a systolic pressure lower than 115mmHg induces a decline of the attention performance (Duschek et al., 2003). It remains possible that lower blood pressure is associated lower cerebral blood and lower speed of information processing (Duschek & Schandry, 2004; Duschek et al., 2008); although such a link was not found among the general population, on the contrary (i.e. young adults with a lower cerebral blood flow obtained a better reaction time for a selective attention task; Bertsch et al., 2009). Further studies should investigate whether a clinical cut-off (hypotension) instead of a simple correlation might explain these seemingly divergent results.

### **Conclusion**

Even though the aforementioned studies have shown some significant results in comparing the attention result of people with low blood pressure with those with normal blood pressure, the link between low blood pressure and the attention functioning is still unclear. First of all, up until now, only one study has studied all the attention components. Second of all, some methodological limits are present in many studies on the statistic level as much as on the group divisions' level. Some studies did not respect the hypotension's definition given by the WHO and others choose to determine the groups at the median of the systolic pressure. Still other studies only take one measure of

the blood pressure while it is highly recommended to take a minimum of three (see Gerin et al., 2008). Finally, most of the studies did not take into account the mood or the level of physical activity. It is very important to consider these variables in the study of attention capacities as they influence the attention result (see Hillman, Buck, Themanson, Pontifex, & Castelli, 2009). So it would be judicious to carry out other studies to better appreciate the relation between low blood pressure and attention result.

## References

- Bertsch, K., Hagemann, D., Hermes, M., Walter, C., Khan, R., & Naumann, E. (2009). Resting cerebral blood flow, attention, and aging. *Brain Research*, 1267, 77-88.
- Costa, M., Stegagno, L., Schandry, R., & Ricci Bitti, P. E. (1998). Contingent negative variation and cognitive performance in hypotension. *Psychophysiology*, 35, 737-744.
- Duschek, S., Matthias, E., & Schandry, R. (2005). Essential hypotension is accompanied by deficits in attention and working memory. *Behavioral Medicine*, 30, 149-158.
- Duschek, S., Meinhardt, J., & Schandry, R. (2006). Reduced cortical activity due to chronic low blood pressure: An EEG study. *Biological Psychology*, 72, 241-250.
- Duschek, S., & Schandry, R. (2004). Cognitive performance and cerebral blood flow in essential hypotension. *Psychophysiology*, 41, 905-913.
- Duschek, S., & Schandry, R. (2006). Deficient adjustment of cerebral blood flow to cognitive activity due to chronically low blood pressure. *Biological Psychology*, 72, 311-317.
- Duschek, S., & Schandry, R. (2007). Reduced brain perfusion and cognitive performance due to constitutional hypotension. *Clinical Autonomic Research*, 17, 69-76.
- Duschek, S., Schuepbach, D., & Schandry, R. (2008). Time-locked association between rapid cerebral blood flow modulation and attentional performance. *Clinical Neurophysiology*, 119, 1292-1299.
- Duschek, S., Weisz, N., & Schandry, R. (2003). Reduced cognitive performance and prolonged reaction time accompany moderate hypotension. *Clinical Autonomic Research*, 13, 427-432.
- Gerin, W., Goyal, T. M., Mostofsky, E., & Shimbo, D. (2008). The measurement of blood pressure in cardiovascular research. In J. J. Luecken & L. C. Gallo (Eds), *Handbook of Physiological Research Methods in Health Psychology* (pp. 115-131). California: Sage Publications inc.
- Hestad, K., Kveberg, B., & Engedal, K. (2005). Low blood pressure is a better predictor of cognitive deficits than the apolipoprotein e4 allele in the oldest old. *Acta Neurologica Scandinavica*, 111, 323-328.

- Hillman, C. H., Buck, S. M., Themanson, J. R., Pontifex, M. B., & Castelli, D. M. (2009). Aerobic fitness and cognitive development: Event-related brain potential and task performance indices of executive control in preadolescent children. *Developmental Psychology, 45*, 114-129.
- Martin, L., & Baillargeon, G. (1989). Mesure de tendance centrale. *Statistique appliquée à la psychologie, 2<sup>e</sup> édition* (pp. 55-80). Trois-Rivières : Éditions SMG.
- Morris, M. C., Scherr, P. A., Hebert, L. E., Bennett, D. A., Wilson, R. S., Glynn, R. J., & Evans, D. A. (2002). Association between blood pressure and cognitive function in a biracial community population of older persons. *Neuroepidemiology, 21*, 123-130.
- Posner, M. I., & Petersen, S. E. (1990). The attention system of the human brain. *Annual Review of Neuroscience, 13*, 25-42.
- Rosengren, A., Tibblin, G., & Wilhelmsen, L. (1993). Low systolic blood pressure and self-perceived well-being in middle aged men. *British Medical Journal, 306*, 243-246.
- Schatz, I. J. (2007). Hypotension and cognitive defects. *Clinical Autonomic Research, 17*, 64.
- van Zomeren, A. H., & Brouwer, W. H. (1994). *Clinical neuropsychology of attention*. Oxford: Oxford University press.
- Verghese, J., Lipton, R. B., Hall, C. B., Kuslansky, G., & Katz, M. J. (2003). Low blood pressure and the risk of dementia in very old individuals. *Neurology, 61*, 1667-1672.
- Waldstein, S. R., & Elias, M. F. (2001). *Neuropsychology of cardiovascular disease*. Lawrence Erlbaum Associates: New Jersey. 368 p.
- Wharton, W., Hirshman, E., Merritt, P., Stangl, B., Scanlin, K., & Krieger, L. (2006). Lower blood pressure correlates with poorer performance on visuospatial attention tasks in younger individuals. *Biological Psychology, 73*, 227-234.
- Weisz, N., Schandry, R., Jacobs, A. M., Miallet, J.-P., & Duschek, S. (2002). Early contingent negative variation of the EEG and attentional flexibility are reduced in hypotension. *International Journal of Psychophysiology, 45*, 253-260.
- Wessely, S., Nickson, J., & Cox, B. (1990). Symptoms of low blood pressure: A population study. *British Medical Journal, 301*, 362-365.
- World Health Organisation (1978). *Arterial hypertension: Report of a WHO expert committee* (WHO Technical report series No.628). Geneva, Switzerland: Author.

Table 1

*Summary of the empirical studies on the effects of low blood pressure on attention capacities among young adults*

References	Samples	Tests	Results	Comments
Costa, Stegagno, Schandry, & Ricci Bitti, 1998	26 hypo (mean age = 28.1 (7.82)) 22 controls (mean age = 25.1(4.27)) - Women only	Immediate Free Recall, ZVT, d2 CNV (contingent negative variation): auditory stimuli preceded by a light signal (2 sec)	Hypotension: few recalled words ( $F(1.45) = 4.98, p < .03$ ) (8.5 words vs 7.08) Hypotension: lower results at the ZVT ( $F(1.45) = 13.13, p > .001$ ) Hypotension: lower results d2 ( $F(1.45) = 8.77, p > .005$ ) CNV: normal > hypo *RT Imperative stimuli: non-significant ( $F(1.45) = 0.42, p > .41$ )	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> d2: scores transformed in SS           <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Hypo: 111.88</li> <li>■ Normal: 119.77</li> </ul> </li> <li><input type="checkbox"/> ZVT: scores transformed in SS:           <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Hypo: 102.44</li> <li>■ Normal: 111.82</li> </ul> </li> <li>- On the clinical level, a significant difference would exist between those two groups as they are not in the category. Would it be a sampling bias?</li> <li>- In other respects, the measure of the systolic should be less than 105 mmHg for the group of people with low blood pressure while the WHO says it should be less than 100mmHg</li> </ul>
Weisz, Schandry, Jacobs, Miallet, & Duschek., 2002	50 women (mean age = 24.26; SD = 5.07)	Attention flexibility (AZE), Sustained visual attention, Visuospatial memory CNV (4 sec)	Hypo: Increase of RT for attention flexibility Sustained Attention: non-significant Visuospatial memory: non-significant CNV: normal BP > hypotension <ul style="list-style-type: none"> <li>• early contingent (<math>F(1,37) = 4.07, p &lt; .03</math>) – (activation of the PFC)</li> </ul> *RT Imperative stimuli: hypotension > normal tension ( $F(1.47) = 2.83, p < .05$ )	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sample divided at the median of the mean of four measures of the BP (some measures were realized between attention tasks). So, 25 women with a mean systolic pressure under the median were in the group of those with low blood pressure while the 25 other women were in the group of those with normal blood pressure. It does not come to the standard method and it does not answer the criteria plead by the WHO about low blood pressure.</li> </ul>

Table 1

*Summary of the empirical studies on the effects of low blood pressure on attention capacities among young adults (continued)*

References	Samples	Tests	Results	Comments
Duschek, Weisz, & Schandry, 2003	26 hypo (mean age = 27.77; SD = 8.2) and 29 controls (mean age = 24.59; SD = 5.12)	d2, ZVT, Motor reaction task (auditory)	d2: speed: hypotension < normal; concentration: hypo < normal; percentage error: non-significant ZVT: non-significant RT: Hypo > Normal ( $p = 0.007$ ) (367.47 ms vs 328.07 ms)	- RT: use of means instead of medians - d2: Result of the control group on the fourth quartile - mean of two measures of BP with a week in between every measure (non-compliant) - Criteria offered by the WHO are not respected (one man only in the group of those with low blood pressure and the systolic's mean for this group is 108.77mmHg)
Duschek, & Schandry, 2004	40 hypo (mean age = 28.8; SD = 7) and 40 controls (mean age = 29; SD = 7.2)	RT with trigger	RT hypo > normal: ( $F = 20.83$ , $p < .001$ ) Cerebral Blood Flow MCA < hypo	- RT: use of the mean instead of median - The maximum diastolic measure for the group of people with normal BP should not have been included as a diastole $>90$ mmHg is a factor for HBP
Duschek, Matthias, & Schandry, 2005	40 hypo (mean age = 26.6; SD = 6.3) and 40 controls (mean age = 26.6; SD = 6.2)	Simple RT and with trigger, Auditory selective attention, Double task, Working memory (1-back), Sustained visual attention	Increase of the RT among those with low blood pressure in all attention tasks  Working memory: More errors among those with low BP ( $p < .012$ )	- Well-controlled study

Table 1

*Summary of the empirical studies on the effects of low blood pressure on attention capacities among young adults (continued)*

References	Samples	Tests	Results	Comments
Duschek, Meinhardt, & Schandry, 2006	40 hypo (mean age = 27.6; SD = 5.9) and 40 controls (mean age = 27.6; SD = 5.9)	RT with trigger	Increase of the RT among those with low BP	- The maximum diastolic measure for the group of people with low BP should not have been included as a diastole > 90mmHg is a factor for the HBP.
Duschek, & Schandry, 2006	Same as 2004	Serial subtraction task	Task-induced changes in blood pressure and middle cerebral artery in hypo, not in control No significant difference in the number of subtraction done Activation index (increase of the bilateral blood velocity) non- significant between the two groups	- The maximum diastolic measurement for the low BP group should not have been included as a diastole > 90mmHg is a factor for HBP.
Wharton et al., 2006	105 participants: mean age 19.25 (1.13)	Visual search task, spatial orientation task, memory task of recognition	Positive correlation between blood pressure and cognitive performance (visuospatial tasks) – so a higher systolic pressure is correlated with shorter reaction times; no differences at the recognition task.	- Only one measure of the blood pressure (manual measurement) - RT: use of the time reaction mean instead of the median - Differences between men and women obtained (this variable has not always been controlled in their analysis.)

SD = standard deviation; SS = standard score; RT = reaction time; BP = blood pressure; WHO = World Health Organization; MCA = middle cerebral artery; PFC = prefrontal cortex; CNV = contingent negative variation; ZVT = Zahlen-Verbindungs-test; d2 = selective attention test d2; HBP = High blood pressure

**Chapitre 3**  
Expérimentation

Hypotension et capacités attentionnelles : plus de peur que de mal?

## **Introduction**

Bien que certaines données supportent l'hypothèse que les hypotendus performent moins bien que les normotendus aux tâches attentionnelles, il n'en reste pas moins que la présence, l'importance et la nature du lien n'ont toujours pas été démontrées. Jusqu'à présent, les études disponibles soulèvent quelques divergences de résultats. Par contre, des lacunes méthodologiques considérables ont été observées. Cette revue de la documentation scientifique a donc mené à un second objectif, soit la comparaison du rendement attentionnel entre des jeunes adultes normotendus et hypotendus, présentée ci-après.

Alors que l'hypertension artérielle est redoutée à cause de ses effets nocifs bien connus, la basse pression artérielle est plus souvent qu'autrement associée à la santé et à la longévité (p.ex. sportifs de haut niveau). Pourtant, chez les ainés, l'hypotension est souvent corrélée à un déclin du fonctionnement attentionnel, voire même à l'émergence d'un état démentiel. L'hypotension n'est peut-être pas à prendre à la légère. D'une part, elle a souvent été associée à des résultats plus élevés au niveau des troubles de l'humeur et du névrotisme (tendance à éprouver des émotions négatives) (Davis, 1970; Schalling & Svensson, 1984). D'autre part, faisant partie des facteurs prédisposant à la démence, l'hypotension artérielle constitue donc une condition de santé sur laquelle il serait capital de comprendre ses effets à court, moyen et à long terme. Déjà à court terme, le lien entre

l'attention et l'hypotension permettrait de vérifier la cohérence entre les exigences attentionnelles requises dans certains emplois (coureur automobile, contrôleur aérien, chirurgien, etc.) et l'hypotension.

Il est maintenant évident que l'attention constitue une fonction cognitive complexe régie par des réseaux neuronaux à la fois distincts et interreliés (Cabeza & Nyberg, 2000). Bien que plusieurs théories soient suggérées au sujet de l'attention (Raz & Buhle, 2006), celle développée par Posner et Boies (1971) concernant la trilogie des réseaux attentionnels est couramment utilisée en psychologie cognitive. Cette théorie avance qu'il existe trois réseaux attentionnels distincts : 1) l'alerte; 2) l'orientation; et 3) le contrôle exécutif (Fan et al., 2005). Succinctement, le réseau de l'alerte correspond à l'état d'éveil prédisposant la personne à réagir face à un stimulus; le réseau de l'orientation permet à l'individu de sélectionner les éléments pertinents parmi des distracteurs et finalement, le réseau du contrôle exécutif est impliqué dans la résolution de conflits et la gestion des nouvelles situations (Posner & Petersen, 1990). En plus des associations neuroanatomiques, des études pharmacologiques ont démontré que chaque réseau attentionnel était supporté par différents neuromodulateurs (Raz, 2004; Raz & Buhle, 2006). Sommairement, le réseau de l'alerte serait modulé par la noradrénaline et montre des activations au niveau thalamique en plus des régions cérébrales antérieures et postérieures. La composante *orientation*, qui est modulée par l'acétylcholine, active la région pariétale ainsi qu'une portion frontale. Le contrôle exécutif, modulé par la dopamine, active principalement le gyrus cingulaire antérieur ainsi que plusieurs sites

cérébraux (Berger & Posner, 2000; Fan & Posner, 2004; Posner, 2008; Posner & Boies, 1971; Posner & Rothbart, 2007; Raz, 2004). Afin d'objectiver l'efficience de ces réseaux attentionnels, l'*Attentional Network Test (ANT)* fût créée (Fan, McCandliss, Sommer, Raz, & Posner, 2002). Il s'agit d'une tâche informatisée utilisée dans divers domaines tels qu'en génétique (Fan, Wu, Fossella, & Posner, 2001), en psychopathologie (Gooding, Braun, & Studer, 2006; Preiss, Kraumska, Dockalova, Holubova, & Kucerova, 2010), et en développement (Posner, Sheese, Odludas, & Tang, 2006). Brièvement, cette tâche est un mariage entre l'épreuve d'orientation spatiale de Posner (1980) et la tâche de Flanker d'Eriksen (Eriksen & Eriksen, 1974). La tâche consiste à identifier le côté (droit ou gauche) pointé par la flèche cible. Cette flèche apparaît au-dessus ou en-dessous d'une croix de fixation et est parfois précédée par un indiqage (congruent ou incongruent). La flèche cible est occasionnellement bordée par des flèches compatibles (pointant dans la même direction), par des flèches incompatibles (pointant dans la direction inverse) ou simplement par des lignes. À partir des différentes conditions, il est possible de mesurer l'efficience des réseaux attentionnels en analysant les temps de réaction nécessités.

Récemment, Mahoney et ses collègues ont étudié les réseaux attentionnels chez 184 personnes âgées en utilisant la ANT tout en considérant l'effet de la pression artérielle (Mahoney, Verghese, Goldin, Lipton, & Holtzer, 2010). Les résultats ont démontré qu'un âge avancé et une basse pression artérielle étaient associés à une performance significativement inférieure dans la composante du contrôle exécutif.

D'autres auteurs ont également démontré une association entre la basse pression artérielle chez les ainés et une diminution du fonctionnement cognitif, allant même jusqu'à l'émergence d'un état démentiel (Hestad et al., 2005; Verghese, Lipton, Hall, Kuslansky, & Katz, 2003). Qu'en est-il chez les jeunes adultes?

Quelques études se sont intéressées à l'effet de l'hypotension artérielle sur les capacités attentionnelles de jeunes adultes. Suite à une recension de la documentation scientifique sur le sujet, huit études ont été répertoriées. Par contre, des lacunes méthodologiques sont présentes. Tout d'abord, certaines études ne suivent pas les critères diagnostiques de l'hypotension artérielle, soit une pression systolique inférieure à 100 mmHg pour les femmes et à 110mmHg pour les hommes (Costa, Stegagno, Schandry, & Ricci Bitti, 1998; Duschek, Meinhardt, & Schandry, 2006; Duschek et al., 2003; Duschek & Schandry, 2004, 2006; Weisz, Schandry, Jacobs, Mialet, & Duschek, 2002). Ensuite, plusieurs études ont considéré les temps de réaction moyens au lieu d'utiliser la médiane (Duschek et al., 2003; Duschek & Schandry, 2004; Wharton et al., 2006). L'utilisation de la médiane est fortement recommandée étant donné qu'elle offre une valeur plus représentative du rendement en minimisant l'impact des temps de réaction aberrants (Duschek, Meinhardt, & Schandry, 2006; Martin & Baillargeon, 1989). Parmi les études recensées, une seule considère les différentes composantes attentionnelles tout en respectant les critères diagnostiques de l'hypotension artérielle (Duschek, Matthias, & Schandry, 2005).

Lorsque les résultats obtenus dans les différentes études sont comparés entre eux, certaines divergences sont notables. Dans un premier temps, les temps de réaction dans les tâches mesurant l'alerte se voient significativement supérieurs chez les hypotendus comparativement aux normotendus dans certaines études (Duschek et al., 2003, 2004, 2005, 2006; Weisz et al., 2002) alors qu'ils sont sans particularité dans d'autres études (Costa et al., 1998). L'attention soutenue serait diminuée chez les hypotendus selon Duschek et ses collègues (2005) alors qu'elle est tout à fait comparable aux normotendus dans l'étude menée par Weisz et al. (2002). En ce qui concerne l'attention sélective, il semblerait que les résultats dépendent du test utilisé. En ce sens, les études ayant utilisé le test d'attention sélective d2 (Brickenkamp, 1981) sont plutôt constants et avancent une performance inférieure chez les hypotendus comparativement aux normotendus (Costa et al., 1998; Duschek et al., 2003). Toutefois, les résultats obtenus au test d'attention sélective ZVT (Oswald & Roth, 1987) ne sont pas si cohérents. Alors que Costa et al. (1998) démontrent une différence significative au profit des normotendus, Duschek et al. (2003) n'observent aucune différence significative. Par conséquent, il devient difficile d'émettre la présence ou l'absence d'une différence de performance lorsque les conclusions dépendent du test utilisé.

Bien que la plupart des études soutiennent la présence d'une différence statistiquement significative entre les hypotendus et les normotendus dans les tâches attentionnelles au profit de ces derniers, il n'en demeure pas moins que les lacunes inhérentes sont non-négligeables et que de nouvelles études sont nécessaires. Il est

primordial de mesurer adéquatement la pression artérielle et les capacités attentionnelles tout en respectant les critères diagnostiques pour apprécier la relation entre ces variables. La présente étude a donc pour objectif de comparer la performance à plusieurs tâches attentionnelles informatisées de jeunes adultes hypotendus à celle de normotendus.

## **Méthode**

### **Les participants**

Au total, 80 participants ont pris part à l'expérimentation. De ce nombre, 74 personnes ont été retenues pour les analyses statistiques (31 hypotendus et 43 normotendus). Quatre participants ont été exclus en raison d'une systole supérieure à 140mmHg et d'une diastole supérieure à 90 mmHg et deux participants ont été retirés en raison d'un taux de précision égal à 50 pour cent dans une tâche attentionnelle. Suite à l'accord du Comité d'éthique à la recherche de l'Université du Québec à Trois-Rivières, le recrutement des participants s'est fait principalement par annonce verbale et via courriel. La participation se faisait sur une base entièrement volontaire. Les répondants devaient correspondre à tous les critères d'inclusion, notamment : être âgé entre 18 et 40 ans, aucun antécédent de maladie vasculaire ou psychiatrique, aucune dépendance aux drogues/alcool, aucune prise de médication affectant le système nerveux central, aucune consommation d'antihistaminique dans les 24 heures précédent l'évaluation, aucune problématique reliée au système nerveux autonome et ne pas être enceinte ou en période d'allaitement. En cours d'expérimentation, aucun participant n'a abandonné ou n'a été exclus. Afin d'assigner les participants dans leur groupe respectif, trois mesures

de la pression artérielle ont été prises, selon un protocole strict. Seule la moyenne des deux dernières mesures était considérée. Le groupe des normotendus est composé de gens dont la pression artérielle systolique se situe entre 100mmHg et 139mmHg (supérieur à 110mmHg pour les hommes) et une diastole inférieure à 90mmHg. Le groupe d'hypotendus est composé de femmes ayant une systole inférieure à 100mmHg et 110mmHg pour les hommes, sans égard à la pression diastolique. Le Tableau 2 présente l'échantillon selon le groupe d'appartenance.

Tableau 2

*Comparaison entre le groupe Hypotendus et Normotendus selon l'âge, le genre, la scolarité et la pression artérielle (moyenne (écart-type)).*

	Hypotendus (n = 31)	Normotendus (n = 43)
Âge moyen (écart-type)	27,13 (3,00)	26,47 (3,13)
Genre	10 ♂; 21 ♀	15 ♂; 28 ♀
Scolarité (années)	17,19 (2,01)	16,44 (1,92)
Systole (mmHg)	99,03 (5,47)	114,44 (8,22)
Diastole (mmHg)	64,32 (4,69)	73,02 (6,54)
Activité physique (hre/semaine)*	4,34 (0,48)	4,24 (0,49)

\* toutes activités confondues (sans égard à l'intensité de l'activité)

## Matériel

La pression artérielle (PA) a été mesurée à l'aide d'un sphygmomanomètre automatique (BpTRU Vital Signs Monitor, model BPM-300). Il s'agit d'un moniteur de

signes vitaux automatique reconnu et calibré pour la PA. Cet appareil offre une mesure plus juste de la PA en évitant les erreurs d'estimation.

Les tests attentionnels furent administrés à partir du logiciel E-Run via un ordinateur portatif muni d'un écran de 15 pouces. Pour les sous-tests auditifs, des écouteurs (Sony MDR-G45) étaient prêtés aux participants. L'ensemble de l'expérimentation se déroulait dans une pièce calme où le participant se trouvait seul avec la responsable du projet.

### **Instruments de mesure**

Le questionnaire SF-12-v2 (Ware et al., 2002) est auto-administré et très répandu, conçu pour évaluer l'état de santé. Il est composé de douze questions divisées en huit dimensions : activité physique, limitations dues à l'état physique, douleurs physiques, santé physique, vitalité, vie et relation avec les autres, limitations dues à l'état psychique et santé psychique. Ce questionnaire fût utilisé afin d'obtenir une mesure subjective de la qualité de vie physique et psychique du participant de par le fait qu'il a déjà été avancé que les hypotendus présentaient plus de plaintes subjectives que les normotendus, tant au niveau psychologique que physique (Davis, 1970; Rosengren et al., 1993; Schalling & Svensson, 1984; Wessely et al., 1990). L'utilisation de cet outil permettait donc de s'assurer que les groupes ne différenciaient pas sur les aspects de la perception de leur qualité de vie.

Sept sous-tests attentionnels informatisés (tests expérimentaux) furent sélectionnés pour mesurer les différentes composantes attentionnelles. Voici une description des sous-tests de cette batterie :

**Simple RT (alerte tonique).** Il s'agit d'une tâche de temps de réaction simple où il est demandé d'appuyer le plus rapidement possible sur la barre d'espacement du clavier à chaque fois qu'un « X » apparaît au centre de l'écran, alors qu'il est demandé de s'abstenir de répondre lorsqu'un « O » apparaît. Entre les stimuli, le participant doit fixer une croix (+) située au centre de l'écran. En tout, la tâche compte (20) vingt cibles (X) distribuées pseudo aléatoirement sur un total de soixante (60) stimuli. Les temps de réaction et la précision sont directement enregistrés via le logiciel E-Prime. Voici les directives fournies aux participants :

*Le test suivant évalue votre rapidité à appuyer sur une touche à la suite d'un indice défini. Un point de fixation (+) apparaîtra à l'écran et sera suivi d'un « o » ou d'un « x ». Votre tâche sera d'appuyer sur la barre d'espacement « space » le plus rapidement possible dès que le « X » apparaîtra à l'écran. N'APPUYEZ PAS sur la basse d'espacement « space » lorsqu'un « O » apparaît à l'écran. [une période de pratique est obligatoire avant de débuter le test].*

**Global-local (attention divisée - alternée).** Le participant doit alterner son attention entre de grands cercles et de grands triangles construits à partir de petites formes géométriques autres que des cercles et des triangles (stimuli globaux = 48) et de petits cercles et de petits triangles formant une grande forme géométrique autre qu'un cercle ou un triangle (stimuli locaux = 48) distribués d'une façon pseudo randomisée. Le participant appuyait sur la touche « 1 » lorsqu'il apercevait un cercle et sur la

touche « 2 » lorsqu'il apercevait un triangle, peu importe que la forme soit de grande ou de petite taille. En tout, la tâche exige trente-deux alternances entre un stimulus global et un stimulus local ou l'inverse. Les temps de réaction et la précision sont directement enregistrés via le logiciel E-Prime. Voici les directives fournies aux participants :

*Lors de cette tâche, vous apercevrez différentes formes géométriques. Les formes de grande taille sont composées de formes géométriques de plus petites tailles juxtaposées. Par exemple, vous allez peut-être apercevoir un carré de grande taille élaboré à l'aide de petits triangles juxtaposés, ou vous pouvez tout aussi bien apercevoir une croix de grande taille construite à l'aide de petits cercles juxtaposés, etc. [Le participant doit appuyer sur la barre d'espacement pour lire la suite des directives et voir des exemples]. Votre tâche sera d'appuyer sur la touche « 1 » dès que vous apercevrez un CERCLE de grande OU de petite taille et d'appuyer sur la touche « 2 » dès que vous apercevrez un TRIANGLE de grande OU de petite taille. [Le participant doit appuyer sur la barre d'espacement pour lire la suite des directives et obtenir des exemples]. On vous donne maintenant la chance de vous entraîner brièvement. On vous dira après chaque tentative si vous aviez raison ou tort et à quelle vitesse vous avez répondu à la question. Essayez de répondre le plus rapidement et efficacement possible. Avant chacune des tentatives, vous verrez apparaître à l'écran un point de fixation ayant la forme d'une croix (+). Celui-ci sera suivi d'un court délai et ensuite, de l'apparition de la forme géométrique. N'oubliez pas : vous devez appuyer sur la touche « 1 » pour les cercles et sur la touche « 2 » pour les triangles. [Le participant doit appuyer sur la barre d'espacement pour débuter la période d'entraînement].*

**Posner.** Ce sous-test est construit selon les systèmes attentionnels proposés par Posner et Dehaene (1994), notamment l'alerte, l'orientation et le contrôle exécutif. De plus, l'attention soutenue est objectivable en divisant la tâche en quatre blocs. Sur l'écran, le participant voit trois carrés : un à gauche, un au centre et un à droite de l'écran (voir Appendice A pour une représentation visuelle). Sa tâche consiste à appuyer le plus rapidement possible sur la touche « 1 » lorsque le carré de gauche devient noir et sur la touche « 2 » lorsque le carré noir apparaît à droite. Le carré central ne devient

jamais noir. Le carré noir est parfois précédé d'un carré gris. Le carré gris est absent dans 60 cas (condition absent), au centre dans 60 cas (condition neutre), précède le carré noir du même côté dans 60 cas (condition compatible), précède le carré noir dans le carré opposé dans 60 cas (condition incompatible), ou apparaît simultanément dans le carré de droite et de gauche dans 60 cas (condition double). En tout, la tâche compte trois cents stimuli et le participant doit répondre à tous les essais, soit trois cents réponses. Les temps de réaction et la précision sont directement enregistrés via le logiciel E-Prime. Voici les directives fournies aux participants :

*Lors de cette tâche, vous allez apercevoir un point de fixation ayant la forme d'une croix (+), ainsi que trois carrés blancs situés à la gauche, à la droite, ainsi qu'au centre de l'écran. [Le participant doit appuyer sur la barre d'espacement pour lire la suite des directives]. Pour chacun des essais, l'un des carrés deviendra noir, et votre tâche sera d'appuyer sur la touche (1 : gauche) si le carré noir apparaît à gauche de l'écran. Lorsque le carré noir apparaîtra à la droite de l'écran, vous devrez appuyer sur la touche (2 : droite). Le carré situé au centre de l'écran ne deviendra jamais noir. [Le participant doit appuyer sur la barre d'espacement pour lire la suite des directives]. Lors de certains essais, un ou deux des carrés situés à la droite, à la gauche, ou au centre de l'écran pourraient brièvement apparaître en gris avant que le carré noir n'apparaisse. Vous devrez ignorer l'apparition des carrés gris et ne répondent que lorsque le carré noir apparaîtra. [Le participant doit appuyer sur la barre d'espacement pour lire la suite des directives]. N'oubliez pas : appuyez sur la touche (1 : gauche) lorsque le carré noir apparaîtra à gauche de l'écran, et appuyer sur la touche (2 : droite) lorsque le carré noir apparaîtra à la droite de l'écran. Vous devez regarder en direction du point de fixation (+) en tout temps.*

**Select final (attention sélective auditive).** Il s'agit d'un test d'attention sélective auditive de type Go-NoGo. À l'aide d'écouteurs, le participant entend simultanément un son différent dans chaque oreille (par ex., une sonnette dans l'oreille gauche et un miaulement dans l'oreille droite). Il doit appuyer le plus rapidement possible sur la barre

d'espacement à toutes les fois excepté lorsqu'il entend l'aboïement d'un chien. Avant de débuter, tous les sons d'aboïement se font entendre. La tâche se divise en deux parties : dans un premier temps, le temps inter stimuli est de deux secondes et dans la deuxième partie, il est d'une seconde. Pour chaque partie, il y a 24 sons cibles (i.e. aboïement) pour lesquels le sujet devait s'abstenir de peser sur un total de 80 essais. Ainsi, la personne devait appuyer 56 fois sur la barre d'espacement. Les temps de réaction et la précision sont directement enregistrés via le logiciel E-Prime. Voici les directives fournies aux participants :

*Lors de cette tâche, vous allez entendre des sons familiers à l'aide d'appareils audiophoniques (animaux, personnes, machines, instruments de musique). Vous allez entendre deux sons simultanément. L'un vous sera présenté à votre oreille gauche et l'autre à votre oreille droite. La durée de chaque son sera d'une seconde. [Le participant doit appuyer sur la barre d'espacement pour lire la suite des directives et entendre des exemples]. Votre tâche sera d'appuyer sur la barre d'espacement « space » le plus rapidement possible dès que vous entendrez un son. Vous devez tenter d'appuyer sur la barre d'espacement « space » avant que le son ne se termine. Cependant, lorsque vous entendrez l'aboïement d'un chien dans l'une ou l'autre de vos oreilles, vous devrez éviter d'appuyer sur la barre d'espacement « space », et attendre l'audition du prochain son. [Le participant doit appuyer sur la barre d'espacement pour entendre les aboïements de chiens qu'il entendra au cours du test]. Voici maintenant un court entraînement. N'oubliez pas : vous devez appuyer sur la basse d'espacement « space » le plus rapidement possible pour obtenir le meilleur temps. N'APPUYEZ PAS sur la barre d'espacement « space » lorsque vous entendrez l'aboïement d'un chien. [Le participant doit appuyer sur la barre d'espacement pour débuter l'entraînement].*

**Divided auditory (test d'attention divisée auditive).** Il s'agit d'une tâche d'attention divisée auditive. Le participant entend encore une fois deux sons simultanément. Cette fois-ci, il doit s'abstenir d'appuyer lorsqu'il entend conjointement le son d'une guitare et l'aboïement d'un chien. Il entend initialement les sons des

guitares et peut réentendre le son des chiens s'il le désire. La tâche est composée de 80 paires de son : trente paires contiennent un aboiement de chien et un autre son, trente paires pour lesquelles il y a deux sons différents (pas de chien ni de guitare), et vingt paires cibles où la personne entendait un aboiement de chien et une guitare simultanément (devait donc s'abstenir d'appuyer sur la barre d'espacement). Les temps de réaction et la précision sont directement enregistrés via le logiciel E-Prime. Voici les directives fournies aux participants :

*Lors de cette tâche, vous allez entendre les mêmes sons familiers que vous venez d'entendre. Vous allez entendre deux sons simultanément; un présenté à l'oreille gauche et l'autre présenté à l'oreille droite. Chaque son durera une seconde. Cette fois-ci, votre tâche sera toutefois différente. [Le participant doit appuyer sur la barre d'espacement pour lire la suite des directives]. Votre tâche sera d'appuyer sur la barre d'espacement « space » le plus rapidement possible lorsque vous entendrez un son. Vous devrez tenter d'appuyer sur la barre d'espacement « space » avant que le son ne se termine. Cependant, lorsque vous entendrez le bruit d'une guitare dans une oreille et le bruit d'un chien dans l'autre, vous devrez éviter d'appuyer sur la barre d'espacement « space ». En d'autres termes, vous devrez éviter d'appuyer sur la barre d'espacement « space » uniquement si ces deux sons sont audibles simultanément. [Le participant doit appuyer sur la barre d'espacement pour lire la suite des directives]. Les sons de chien seront les mêmes que ceux entendus auparavant. Vous allez maintenant entendre tous les sons de guitare qui se manifesteront dans cette tâche. [Le participant doit appuyer sur la barre d'espacement pour entendre les sons de guitare]. Ces sons de guitare seront les mêmes que ceux qui se manifesteront dans la prochaine tâche. À titre d'exemple, vous entendrez maintenant trois essais. Les deux premiers seront soit un son de chien, soit un son de guitare jumelé à un autre son (autre qu'une guitare), ce qui signifie que vous devez appuyer le plus rapidement possible sur la barre d'espacement « space »; le troisième exemple sera le son d'une guitare ainsi qu'un son de chien, ce qui signifie que vous devrez éviter d'appuyer sur la barre d'espacement « space ». [Le participant doit appuyer sur la barre d'espacement pour lire la suite des directives et entendre des exemples]. Vous allez maintenant vous entraîner brièvement. N'oubliez pas : vous devrez appuyer sur la barre d'espacement « space » le plus rapidement possible. N'APPUYEZ PAS sur la barre d'espacement « space » lorsque vous entendrez un chien et une guitare simultanément. [Le participant doit appuyer sur la barre d'espacement pour débuter l'entraînement].*

**Flanker.** Il s'agit d'une tâche d'attention sélective visuelle. La personne doit identifier le côté pointé par une flèche (appuyer sur la touche « 1 » si elle pointe à gauche et sur la touche « 2 » si elle pointe à droite). À l'intérieur du test, il y a trois conditions : valide (flèche interférente pointe du même côté que la flèche cible), invalide (flèche interférente pointe du côté opposé à la flèche cible) et neutre (aucune flèche interférente). Au total, la tâche compte 180 stimuli : 60 valides, 60 invalides et 60 neutres. Les temps de réaction et la précision sont directement enregistrés via le logiciel E-Prime. Voici les directives fournies aux participants :

*Lors de cette tâche, vous apercevrez un point de fixation ayant la forme d'une croix (+), ainsi qu'une ou deux flèches situées sous celui-ci. [Le participant doit appuyer sur la barre d'espacement pour lire la suite des directives et obtenir un exemple]. La flèche sous la croix apparaîtra en permanence; elle est votre flèche-cible. Appuyez sur la touche « 1 » lorsque la flèche pointe vers la gauche et appuyez sur la touche « 2 » lorsque la flèche pointe vers la droite. [Le participant doit appuyer sur la barre d'espacement pour lire la suite des directives]. L'autre flèche peut apparaître autant à droite qu'à gauche de la flèche-cible et peut pointer soit dans la même direction, soit dans la direction opposée à la flèche-cible. Vous devez ignorer cette flèche si elle apparaît et porter attention exclusivement à la flèche-cible. [Le participant doit appuyer sur la barre d'espacement pour lire la suite des directives]. N'oubliez pas : appuyez sur la touche « 1 » si la flèche-cible pointe vers la gauche et appuyez sur la touche « 2 » si elle pointe vers la droite. Répondez le plus rapidement possible, votre vitesse de réaction est enregistrée. [Le participant doit appuyer sur la barre d'espacement pour débuter l'entraînement].*

**Dividedcross (test d'attention divisée intermodale).** Ce test est construit à partir de la tâche Flanker et de Select final. Il est une mesure d'inhibition Go-NoGo, en contexte d'attention divisée bimodale. Dans cette tâche, le participant doit identifier le côté pointé par la flèche à toutes les fois qu'il entend des sons. Toutefois, lorsqu'il entend l'aboïement d'un chien, il doit s'abstenir d'indiquer la direction de la flèche. La

tâche compte 108 stimuli dont 24 valides, 27 invalides et 21 neutres. Il y a un total de 36 sons d'aboïement de chiens lors desquels le participant devait s'abstenir d'indiquer la direction de la flèche. Ainsi, il devait fournir 72 réponses. Les temps de réaction et la précision sont directement enregistrés via le logiciel E-Prime. Voici les directives fournies aux participants :

*Lors de cette tâche, vous apercevrez un point de fixation sous forme d'une croix (+) ainsi qu'une ou deux flèches situées sous cette croix. [Le participant doit appuyer sur la barre d'espacement pour lire la suite des directives]. La flèche sous la croix apparaîtra en permanence; elle est votre flèche-cible. Appuyez sur la touche « 1 » lorsque la flèche pointe vers la gauche et appuyez sur la touche « 2 » lorsque la flèche pointe vers la droite. [Le participant doit appuyer sur la barre d'espacement pour lire la suite des directives]. L'autre flèche peut apparaître autant à droite qu'à gauche de la flèche-cible et peut pointer soit dans la même direction, soit dans la direction opposée à la flèche-cible. Vous devez ignorer cette flèche si elle apparaît et porter attention exclusivement à la flèche-cible. Cette partie de la tâche est exactement identique à la précédente [Le participant doit appuyer sur la barre d'espacement pour lire la suite des directives]. Cette fois-ci, en plus des flèches, on vous présentera des sons que vous entendrez à l'aide d'appareils audiophoniques. À chaque fois que vous apercevrez les flèches, deux sons différents seront émis, l'un présenté à l'oreille droite et l'autre à l'oreille gauche. L'autre flèche peut apparaître autant à droite qu'à gauche de la flèche-cible et peut pointer soit dans la même direction, soit dans la direction opposée à la flèche-cible. Vous devez ignorer cette flèche, si elle apparaît et porter attention exclusivement à la flèche-cible. [Le participant doit appuyer sur la barre d'espacement pour lire la suite des directives]. Ces sons seront les mêmes que ceux entendus auparavant. Portez attention aux sons ainsi qu'à la direction des flèches. Lorsque vous entendrez l'aboïement d'un chien dans l'oreille gauche ou dans l'oreille droite, ignorez la direction de la flèche-cible et évitez de répondre. L'autre flèche peut apparaître autant à droite qu'à gauche de la flèche-cible et peut pointer soit dans la même direction, soit dans la direction opposée à la flèche-cible. Vous devez ignorer cette flèche si elle apparaît et porter attention exclusivement à la flèche-cible. [Le participant doit appuyer sur la barre d'espacement pour lire la suite des directives]. Vous allez maintenant vous entraîner. N'oubliez pas : appuyez sur la touche « 1 » lorsque la flèche-cible pointe vers la gauche et appuyez sur la touche « 2 » lorsqu'elle pointe vers la droite. Évitez d'appuyer sur une touche lorsque vous entendez les abolements d'un chien. Répondez le plus rapidement et efficacement possible. L'autre flèche peut apparaître autant à droite qu'à*

*gauche de la flèche-cible et peut pointer soit dans la même direction, soit dans la direction opposée à la flèche-cible. Vous devez ignorer cette flèche, si elle apparaît et porter attention exclusivement à la flèche-cible. [Le participant doit appuyer sur la barre d'espacement pour débuter l'entraînement].*

## Déroulement

Une fois que les gens avaient lu, accepté et signé le formulaire de consentement et qu'ils répondaient aux critères d'inclusion (vérifié à l'aide d'un questionnaire sociodémographique, voir Appendice B), ceux-ci remplissaient le questionnaire SF-12-v2 (voir Appendice C). Dans une pièce calme, après une pause de 5 minutes, la pression artérielle était mesurée à trois reprises avec le bras droit à un intervalle d'une minute entre chaque prise. Pour les fins de cette étude, seulement la moyenne des deux dernières mesures a été considérée. Durant la prise de la pression artérielle, la personne devait rester muette, garder ses jambes décroisées, le dos appuyé contre le dossier. Le bras droit était détendu et maintenu à la hauteur du cœur (accoudé sur une table et au besoin, un coussin était placé sous le bras). Le brassard utilisé était approprié au diamètre du bras. Le participant ne pouvait voir en aucun temps les résultats inscrits sur le sphygmomanomètre et ils recevaient comme information que leur PA était adéquate, même lorsqu'elle était basse ou haute. Cette procédure avait pour objectif de ne pas provoquer de stress avant la passation des tests attentionnels.

Suite aux trois mesures de la pression artérielle, les tests d'attention débutaient pour une durée totale d'environ une heure. Pour chaque sous-test, les directives étaient inscrites sur le moniteur. Le participant pouvait lire les consignes à son rythme et

pouvait consulter la responsable du projet en tout temps pour s'assurer de sa compréhension. Avant de débuter les sous-tests, une période obligatoire d'essais était effectuée. Cette période pouvait être répétée une seconde fois si désirée. Lorsque le sous-test était terminé, le participant avisait la responsable du projet et celle-ci débutait le prochain sous-test. Pour tous les participants, l'ordre de passation des sept sous-tests correspond à l'ordre de présentation dans la section *instruments de mesure*. L'ordre a été établi ainsi puisque les tâches d'attention complexe sont construites à partir des tâches d'attention simple. De cette façon, il était possible de mesurer le coût cognitif induit par la double-tâche. À la fin de la rencontre, nous indiquions au participant à quel niveau se situait sa pression artérielle. À ce moment, dans le cas où la PA était élevée, il leur était conseillé de consulter leur médecin ou leur pharmacien; dans le cas où la personne avait une basse pression artérielle, des informations verbales sur les symptômes possibles causés par la basse PA (ou chute de pression) leur étaient donnés et il leur était également conseillé de consulter leur médecin advenant le cas où ces symptômes nuisaient à leur qualité de vie.

## Résultats

Les groupes sont comparables quant à l'âge ( $F(1,72) = 0,85; p = 0,36$ ) et au niveau de la scolarité ( $F(1,72) = 2,66; p = 0,11$ ). Les groupes sont également comparables selon le questionnaire auto-administré SF12-v2, ce qui signifie qu'ils ont une perception similaire de leur condition physique et morale. Tel qu'attendu, ils diffèrent significativement quant à leur pression artérielle systolique moyenne ( $F(1,72) = 82,35;$

$p < 0,001$ ) et leur pression artérielle diastolique moyenne ( $F(1,72) = 39,98; p < 0,001$ ).

Voici donc les résultats obtenus aux différents tests attentionnels selon les groupes expérimentaux.

### **Simple RT**

Les analyses ont été réalisées en utilisant la moyenne des temps de réaction médians aux réponses correctement répondues, soit lorsque la personne appuyait aux moments opportuns (voir Tableau 3). Il appert qu'aucune différence significative ne soit illustrée entre les normotendus et les hypotendus à une tâche de temps de réaction simple au niveau de la vitesse. Il est en de même lorsque seulement les femmes sont considérées ( $F(1,47) = 0,009; p = 0,65$ ). Par contre, les analyses statistiques illustrent un taux de précision plus grand chez les normotendus comparativement aux hypotendus ( $F(1,72) = 5,97; p = 0,017$ ).

Tableau 3

*Comparaison des TR médians moyens (en msec) entre les normotendus et les hypotendus à une tâche de TR simple*

Groupes	N	TR médian
Normotendus	43	336,84 (55,180)
Hypotendus	31	335,61 (51,58)
Analyse	$(F(1,72) = 0,09; p = 0,924)$	

### **Global-local**

Plusieurs analyses ont été effectuées pour ce test qui contient quatre conditions :

1) TR stimuli global; 2) TR stimuli local; 3) TR avec alternance (global-local ou local-global); et 4) TR sans alternance (local-local ou global-global). Sommairement, une différence significative de temps de réaction s'observe dans la condition d'alternance Global-Local au profit des hypotendus (voir Tableau 4). À cet effet, les hypotendus ont des TR plus rapides que les normotendus.

Tableau 4

*Comparaison des TR médians moyens (en msec) entre les normotendus et les hypotendus à une tâche d'attention sélective et alternée*

Groupes	Global	Local	Local – Global	Global - Local
Normotendus	574,88 (102,81)	599,21 (98,47)	719,63 (118,53)	578,19 (120,18)
Hypotendus	554,66 (86,41)	589,71 (94,25)	687,33 (119,99)	547,48 (77,40)
Analyses	$F(1,72) = 0,904$ ; $p = 0,345$	$F(1,72) = 0,124$ ; $p = 0,726$	$F(1,72) = 0,000$ ; $p = 0,996$	<b><math>F(1,72) = 5,784</math>;</b> <b><math>p = 0,019 *</math></b>

Les groupes sont comparables au plan de la précision. Il est intéressant d'observer que les données corroborent avec la documentation scientifique, à savoir que les TR sont plus rapides dans la détection de cible global que local ( $T(1,73) = -3,6$ ;  $p < 0,0001$ ). D'autre part, il semble également être plus coûteux en rapidité d'alterner d'une cible local à global comparativement à une cible global à local ( $T(1,73) = -15,55$ ;  $p < 0,0001$ ).

### Posner

Selon une ANOVA, aucune différence significative n'a été révélée entre le groupe de normotendus et d'hypotendus à l'égard des différents réseaux attentionnels au niveau des temps de réaction (voir Tableau 5). Pour l'*alerte*, les TR des conditions où il n'y avait aucun Flanker ont été soustrait aux TR du Flanker central ( $F(1,72) = 0,199$ ;  $p = 0,657$ ); Pour l'*orientation*, les TR où il y avait des Flanker doubles ont été soustraits aux TR des Flankers compatibles ( $F(1,72) = 0,006$ ;  $p = 0,938$ ); finalement, pour la composante du *contrôle exécutif*, les TR de la condition compatible ont été soustraits

aux TR de la condition incompatible ( $F(1,72) = 0,963; p = 0,33$ ). Par contre, il appert que les normotendus soient significativement moins précis dans la condition compatible que les hypotendus ( $F(1,72) = 18,538; p < 0,001$ ).

Tableau 5

*Comparaison des temps de réaction médians moyens (en msec) entre les normotendus et les hypotendus à une tâche d'attention sélective visuelle - tâche de Posner*

Groupes	Centre	Valide	Invalide	Double	Neutre
Normotendus	391,23 (56,20)	357,84 (49,46)	423,51 (56,75)	380,63 (46,08)	405,91 (52,78)
Hypotendus	389,15 (56,39)	351,97 (41,13)	419,27 (52,28)	376,29 (46,65)	406,58 (43,72)
Analyses	$F(1,72) = 0,004; p = 0,95$	$F(1,72) = 0,882; p = 0,351$	$F(1,72) = 0,142; p = 0,708$	$F(1,72) = 0,005; p = 0,944$	$F(1,72) = 0,619; p = 0,434$

### Select Final

Selon les analyses, il n'existe aucune différence significative entre les groupes à une tâche d'attention sélective auditive (voir Tableau 6). Cependant, les hypotendus seraient significativement plus précis que les normotendus lorsque l'intervalle interstimuli est de deux secondes (taux de précision de 96,13 % chez les hypotendus vs 94,53 % chez les normotendus).

Tableau 6

*Comparaison des temps de réaction médians moyens (en msec) entre les normotendus et les hypotendus à une tâche d'attention sélective auditive*

Groupes	Intervalle Interstimuli 1 sec	Intervalle Interstimuli 2 sec
Normotendus	578,73 (85,15)	592,47 (89,71)
Hypotendus	590,35 (107,15)	610,94 (108,00)
Analyses	$F(1,72) = 0,901; p = 0,346$	$F(1,72) = 0,1065; p = 0,305$

### **Divided Auditory**

À une tâche d'attention auditive divisée, les analyses démontrent une meilleure performance de temps chez les normotendus (beaucoup plus stable) comparativement aux hypotendus dans la condition où un seul stimuli-cible sur deux (aboiement de chien) était présent, ce qui nécessitait donc une réponse (voir Tableau 7).

Tableau 7

*Comparaison des temps de réaction médians moyens (en msec) entre les normotendus et les hypotendus à une tâche d'attention divisée auditive*

Groupes	Avec abolement	Sans abolement
Normotendus	714,87 (98,05)	566,19 (76,97)
Hypotendus	713,66 (125,48)	563,19 (85,45)
Analyses	$F(1,72) = 4,55; p = 0,036$	$F(1,72) = 0,067; p = 0,797$

### Flanker

Lors d'une tâche d'attention sélective visuelle utilisant des Flanker (condition valide, invalide et neutre), les groupes sont comparables en tout point de vue, tant au niveau de la rapidité de réponse que de la précision (voir Tableau 8).

Tableau 8

*Comparaison des temps de réaction médians moyens (en msec) entre les normotendus et les hypotendus à une tâche d'attention sélective visuelle - tâche de Flanker*

Groupes	Valide	Invalide	Neutre
Normotendus	430,08 (73,43)	470,32 (77,42)	403,84 (54,63)
Hypotendus	428,87 (60,09)	476,90 (70,78)	407,71 (50,73)
Analyses	$F(1,72) = 0,362;$ $p = 0,549$	$F(1,72) = 0,221;$ $p = 0,640$	$F(1,72) = 0,309;$ $p = 0,58$

### Divided Cross

Dans un contexte d'attention divisée intermodale (test développé en unissant Select final et Flanker), les groupes sont encore une fois comparables sur tous les points de vue (voir Tableau 9).

Tableau 9

*Comparaison des temps de réaction médians moyens (en msec) entre les normotendus et les hypotendus à une tâche d'attention divisée intermodale*

Groupes	Valide	Invalide	Neutre
Normotendus	573,43 (88,50)	571,33 (123,84)	550,37 (84,22)
Hypotendus	573,55 (96,25)	590,16 (89,17)	552,37 (83,87)
Analyses	$F(1,72) = 0,187;$ $p = 0,666$	$F(1,72) = 0,499;$ $p = 0,482$	$F(1,72) = 0,223;$ $p = 0,638$

### Analyse Post-Hoc

Puisque le sous-test *Divided Cross* a été construit à partir de *Select Final* (attention sélective auditive simple) et de *Flanker* (attention sélective visuelle simple), il a semblé pertinent d'examiner si les participants ont eu le même coût attentionnel. Il existe effectivement un coût cognitif relié à la charge de travail supplémentaire causé par l'ajout d'une deuxième consigne. Les analyses démontrent toutefois que les groupes ont la même tendance et qu'ils sont comparables.

## **Chapitre 4**

### Discussion générale

L'objectif de ce travail de recherche était de mieux comprendre la relation entre l'attention et l'hypotension chez les jeunes adultes. Bien qu'on ait longtemps cru que la basse pression artérielle était un signe de bonne santé vasculaire, certaines études stipulent qu'elle serait plutôt reliée à diminuer les performances cognitives comme l'attention. C'est pourquoi l'objectif premier était de recenser les études récentes portant sur l'effet de l'hypotension artérielle sur les capacités attentionnelles chez les jeunes adultes. La documentation scientifique soutenait que les jeunes adultes hypotendus avaient des temps de réaction plus élevés que les normotendus dans les tâches attentionnelles. Les résultats ne convergeaient cependant pas tous. Alors que certaines études démontraient que les hypotendus avaient un rendement inférieur uniquement dans les tâches attentionnelles dans lesquelles la flexibilité était nécessaire, d'autres supposaient que la basse pression artérielle nuisait significativement à l'ensemble des résultats. Par ailleurs, il importe de préciser que certaines lacunes méthodologiques ont été décelées parmi les études recensées, notamment en ce qui concerne des choix statistiques et les critères diagnostiques pour le groupe d'hypotendus.

Cette revue de la documentation scientifique a donc mené à un second objectif qui était de comparer les performances attentionnelles des hypotendus à celles des normotendus en utilisant des tâches attentionnelles informatisées mesurant les différentes composantes attentionnelles telles que l'alerte, l'attention soutenue, sélective

et partagée. Une tâche évaluant les trois réseaux attentionnels selon la théorie de Posner, soit l'alerte, l'orientation et le contrôle exécutif, était aussi administrée. Cette tâche attentionnelle a été utilisée puisqu'elle donne accès rapidement à l'efficience des réseaux attentionnels, lesquels ont été associés à un modulateur neurochimique et à une région neuroanatomique spécifique (Fan et al., 2001). Alors qu'il était attendu que les normotendus soient plus rapides que les hypotendus aux différentes tâches attentionnelles pour un niveau de précision comparable, les données obtenues sont toutes autres. De fait, contrairement aux études recensées, les résultats actuels soulignent des temps de réaction significativement plus rapides chez les hypotendus comparativement aux normotendus à une tâche où il était demandé d'alterner entre un stimulus global et un stimulus local, et ce, pour un niveau de précision similaire entre les deux groupes. Par ailleurs, à la tâche de Posner, pour la condition dite compatible, les hypotendus se sont avérés significativement plus précis que les normotendus pour des temps de réaction équivalents. Autrement, le reste des analyses ne démontre pas de différences statistiquement significatives entre les groupes. Mais pourquoi les études antérieures concluent-elles à un ralentissement général chez les hypotendus dans la majorité des épreuves attentionnelles? Bien que les performances actuelles ne démontrent pas cet écart entre les groupes, au profit des normotendus, il n'en demeure pas moins que le lien entre la pression artérielle et l'attention n'est pas pour autant étayé. Il serait donc très intéressant de comparer sur différents aspects les gens hypotendus afin de mieux comprendre cette condition physique. Tout d'abord, peut-être que la basse pression artérielle nuit au fonctionnement attentionnel lorsqu'elle atteint un seuil plus bas que

celui retenu par l'OMS. À cet effet, selon la clinique Mayo, la pression artérielle est considérée basse lorsque la systole est égale ou inférieure à 90mmHg ou la diastole inférieure ou égale 60 mmHg de façon chronique. Certains diront qu'il faut traiter lorsque la pression est de 90mmHg/60mmHg ou lorsque la personne présente des symptômes. Par ailleurs, cette clinique considère que l'interprétation de la mesure de la pression artérielle a une caractéristique individuelle. En ce sens, une mesure considérée basse chez une personne peut s'avérer normale pour une autre. D'autres médecins considèrent une basse pression artérielle chronique lorsque l'individu présente des symptômes notables ([www.mayoclinic.com/health/low-blood-pressure/DS00590](http://www.mayoclinic.com/health/low-blood-pressure/DS00590)). Jusqu'à présent, aucune étude n'a investigué les différents symptômes souvent associés à la basse pression artérielle (fatigue, froideur aux extrémités, manque d'entrain, palpitation) ou contrôlé pour les composantes psychologiques (anxiété, dépression, sentiment de contrôle, etc.). Il s'agirait peut-être d'une donnée importante à contrôler pour les études futures.

Par contre, il ne faut pas oublier de soulever les quelques limites inhérentes à la présente expérimentation. Tout d'abord, la pression artérielle n'a été mesurée qu'à une seule rencontre, ce qui influence fort probablement la représentativité de la mesure. Il aurait été plus juste de mesurer la pression artérielle à au moins deux moments distincts avec un intervalle d'une semaine. Il serait intéressant de faire l'inventaire des symptômes vécus par les personnes afin de découvrir s'il existe un lien entre les symptômes et le fonctionnement cognitif. Par ailleurs, il serait intéressant de contrôler le

changement de la fréquence cardiaque en cours de tâche, l'indice de masse corporelle, la température corporelle, etc. Aussi, un bilan nutritionnel afin de voir la consommation de protéine car certaines études stipulent que la basse pression peut s'observer chez les gens consommant moins de protéines dans leur diète, ce qui pourrait interférer avec l'activité cérébrale.

## **Chapitre 5**

### Conclusion générale

La documentation scientifique démontre bien l'influence négative qu'a l'hypertension artérielle sur la cognition, principalement sur les capacités attentionnelles. Malheureusement, il en est tout autre pour l'hypotension artérielle. Bien qu'il soit encore véhiculé qu'une basse pression artérielle soit un atout au plan de la santé, des études ont démontré le contraire. En fait, à un âge avancé, l'hypotension serait associée à un déclin cognitif, voire même à l'émergence d'un état démentiel. Est-ce que ce déclin cognitif est uniquement observé chez les hypotendus âgés ou bien chez les jeunes adultes également? L'objectif de ce travail de recherche était, dans un premier temps, de recenser les articles scientifiques portant sur la relation entre l'hypotension artérielle et les capacités attentionnelles chez les jeunes adultes. Jusqu'à présent, très peu d'études ont été publiées sur le sujet. En plus d'un nombre restreint d'études scientifiques, cette revue de la documentation a démontré certaines divergences dans les résultats inter-études. Par exemple, des études avançaient une diminution de toutes les composantes attentionnelles alors que d'autres précisaien une plus faible performance au niveau des tâches attentionnelles complexes. Dans une autre lignée, des lacunes méthodologiques ont été répertoriées dans la majorité des études. Seulement une étude a respecté les critères diagnostiques pour l'hypotension artérielle, a mesuré adéquatement la pression artérielle selon les recommandations du *British Hypertension society* et a considéré les différentes composantes de l'attention. Considérant les lacunes inhérentes, un second objectif prit forme : mener une étude empirique afin de comparer le rendement

attentionnel d'hypotendus et de normotendus en utilisant des tâches informatisées basées sur les différentes composantes attentionnelles en plus d'une tâche mesurant les réseaux attentionnels proposés par Posner (alerte, orientation, contrôle exécutif). Bien que certaines études empiriques aient démontré un temps de réaction plus élevé dans les tâches attentionnelles chez les hypotendus, les présents résultats ne soutiennent pas cette conclusion. De fait, les groupes sont comparables entre eux, tant au niveau de la vitesse que de la précision, pour la majorité des épreuves attentionnelles administrées. Étonnamment, les analyses statistiques soulignent que les hypotendus sont significativement plus rapides dans une tâche attentionnelle durant laquelle les participants devaient identifier s'il s'agissait d'un stimulus global ou local, dans la condition où un stimulus local était présenté à la suite d'un stimulus global (et donc, qu'une alternance était sollicitée). Par ailleurs, les hypotendus ont démontré un niveau de précision supérieur à celui des normotendus à une condition où la cible était précédée par un indice compatible (alerte tonique). Il est à mentionner que le niveau de scolarité des participants était relativement élevé. Les participants mentionnaient aussi adhérer à une bonne hygiène de vie, notamment une alimentation saine et un mode de vie actif. Par contre, il est difficile de soutenir que ces facteurs puissent expliquer les différences observées entre les résultats obtenus dans le présent travail et ceux inventoriés dans la documentation scientifique.

Le présent travail de recherche a permis de réaliser que le lien entre la basse pression artérielle et les capacités attentionnelles n'est pas si fort. Il est certain que pour

une étude ultérieure, il serait tout à fait pertinent de prendre en compte des variables physiques telles que les mensurations, le poids, le VO2Max ainsi qu'un bilan sanguin. Cette équation permettrait d'apprécier plus adéquatement, s'il y a lieu, le lien entre l'hypotension artérielle et les capacités attentionnelles. Il se peut fort bien qu'à elle-seule, l'hypotension ne soit pas si nocive au plan cognitif. Par contre, reste à savoir pourquoi elle semble causer des difficultés chez certains alors que chez d'autres, elle n'a pas ou très peu d'effet.

## Références générales

- Allport, A. (1987). Selection for action: Some behavioral and neurophysiological considerations of attention and action. Dans H. Heuer & A. F. Sanders (Éds), *Perspectives on perception and action* (pp. 349-419). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Baddeley, A. D. (1986). *Working memory*. New York: Oxford University Press.
- Belsha, C. W. (1999). Ambulatory blood pressure monitoring and hypertensive target-organ damage in children. *Blood pressure monitoring*, 4, 161-164.
- Berger, A., & Posner, M. I. (2000). Pathologies of brain attentional networks. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 24, 3-5.
- Bertsch, K., Hagemann, D., Hermes, M., Walter, C., Khan, R., & Naumann, E. (2009). Resting cerebral blood flow, attention, and aging. *Brain Research*, 1267, 77-88.
- Bérubé, L. (1991). *Terminologie de neuropsychologie et de neurologie du comportement*. Montréal : Éditions de la Chenelière.
- Brickenkamp, R. (1981). *Test d2/Aufmerksamkeits-Belastungs-test* (Handanweisung, 7<sup>e</sup> éd.) [Test d2: Concentration-Endurance Test]. Goetingen: Hogrefe.
- Cabeza, R., & Nyberg, L. (2000). Imaging cognition II: An empirical review of 275 PET and fMRI studies. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 12, 1-47.
- Casey, B. J., Tottenham, N., & Fossella, J. (2002). Clinical, Imaging, Lesion, and Genetic Approaches toward a Model of Cognitive Control. *Developmental Psychobiology*, 40, 237-254.
- Cohen, J. D., & Servan-Schreiber, D. (1992). Context, cortex and dopamine: A connectionist approach to behavioral and biology in schizophrenia. *Psychological Review*, 99, 47.
- Costa, M., Stegagno, L., Schandry, R., & Ricci Bitti, P. E. (1998). Contingent negative variation and cognitive performance in hypotension. *Psychophysiology*, 35, 737-744.
- Critchley, H. D., & Mathias, C. J. (2003). Blood pressure, attention and cognition: Drivers and air traffic controllers. *Clinical Autonomic Research*, 13, 399-401.

- Davis, M. (1970). Blood pressure and personality. *Journal of Psychosomatic Research*, 14, 89-104.
- Desimone, R., & Duncan, J. (1995). Neural mechanisms of selective visual attention. *Annual Reviews in Neuroscience*, 18, 193-222.
- Ditto, B., Séguin, J. R., & Tremblay, R. E. (2006). Neuropsychological characteristics of adolescent boys differing in risk for high blood pressure. *Annals of Behavioral Medicine*, 31, 231-237.
- Duschek, S., Matthias, E., & Schandry, R. (2005). Essential hypotension is accompanied by deficits in attention and working memory. *Behavioral Medicine*, 30, 149-158.
- Duschek, S., Meinhardt, J. & Schandry, R. (2006). Reduced cortical activity due to chronic low blood pressure: An EEG study. *Biological Psychology*, 72, 241-250.
- Duschek, S., & Schandry, R. (2004). Cognitive performance and cerebral blood flow in essential hypotension. *Psychophysiology*, 41, 905-913.
- Duschek, S., & Schandry, R. (2006). Deficient adjustment of cerebral blood flow to cognitive activity due to chronically low blood pressure. *Biological Psychology*, 72, 311-317.
- Duschek, S. & Schandry, R. (2007). Reduced brain perfusion and cognitive performance due to constitutional hypotension. *Clinical Autonomic Research*, 17, 69-76.
- Eriksen, B. A., & Eriksen, C. W. (1974). Effects of noise letters upon the identification of a target letter in a search task. *Perception and Psychophysics*, 16, 143-149.
- Fan, J., Fossella, J. A., Summer, T., & Posner, M. I. (2003). Mapping the genetic variation of executive attention onto brain activity. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 100, 7406-7411.
- Fan, J., McCandliss, B. D., Fossella, J., Flombaum, J. I., & Posner, M. I. (2005). The activation of attentional networks. *Neuroimage*, 26, 471-479.
- Fan, J., McCandliss, B. D., Sommer, T., Raz, A., & Posner, M. I. (2002). Testing the efficiency and independence of attentional networks. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 14, 340-347.
- Fan, J., & Posner, M. I. (2004). Human attentional network. *Psychiatrische Praxis*, 31, S210-S214.

- Fan, J., Wu, Y., Fossella, J. A., & Posner, M. I. (2001). Assessing the heritability of attentional networks. *BioMedcentral Neuroscience*, 2, 1471-2202.
- Filley, C. M. (2002). The neuroanatomy of attention. *Seminars in Speech and Language*, 23, 89-98.
- Gerin, W., Goyal, T. M., Mostofsky, E., & Shimbo, D. (2008). The measurement of blood pressure in cardiovascular research. Dans J. J. Luecken & L. C. Gallo (Éds), *Handbook of physiological research methods in health psychology* (pp. 115-131). California: Sage Publications inc.
- Gooding, D. C., Braun, J. G., & Studer, J. A. (2006). Attentional network task performance in patients with schizophrenia-spectrum disorders: Evidence of a specific deficit. *Schizophrenia Research*, 88, 169-178.
- Hestad, K., Kveberg, B., & Engedal, K. (2005). Low blood pressure is a better predictor of cognitive deficits than the apolipoprotein e4 allele in the oldest old. *Acta Neurologica Scandinavica*, 111, 323-328.
- Kerns, K. K., & Mateer, C. A. (1996). Walking and chewing gum: The impact of attentional capacity on everyday activities. Dans R. J. Sbordone & C. J. Long (Éds), *Ecological validity of neuropsychological testing* (pp. 147-169). Delray Beach, Florida: GR Press.
- Kuusisto, J., Koivisto, K., Mykkanen, L., Helkala, E. L., Vanhanen, M., Hanninen, T., ... & Laakso, M. (1993). Essential hypertension and cognitive function: The role of hyperinsulinemia. *Hypertension*, 22, 771-779.
- LaBerge, D. (1990). Thalamic and cortical mechanisms of attention suggested by recent positron emission tomographic experiments. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 2, 358-372.
- Lande, M. B., Kaczorowski, L. M., Auinger, P., Schwartz, G. J., & Weitzman, M. (2003). Elevated blood pressure and decreased cognitive function among school-age children and adolescent in the United-States. *Journal of Pediatrics*, 143, 720-724.
- Mahoney, J. R., Verghese, J., Goldin, Y., Lipton, R., & Holtzer, R. (2010). Alerting, orienting, and executive attention in older adults. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 16, 877-889.
- Marieb, E. N. (1993). *Anatomie et physiologie humaines*. Québec : ERPI.

- Miller, E. K., & Cohen, J. D. (2001). An integrative theory of prefrontal cortex function. *Annual Review of Neuroscience*, 24, 167-202.
- Mink, J. W. (1996). The basal ganglia: Focused selection and inhibition of competing motor programs. *Progress in Neurobiology*, 50, 381-425.
- Morris, M. C., Scherr, P. A., Hbert, L. E., Bennett, D. A., Wilson, R. S., Glynn, R. J., & Evans, D. A. (2002). Association between blood pressure and cognitive function in a biracial community population of older persons. *Neuroepidemiology*, 21, 123-130.
- Oppenheimer, B. S., & Fischberg, A. (1928). (In World health organisation, 1978). *Arterial hypertension: Report of a WHO expert committee (WHO Technical report series No.628)*. Geneva, Switzerland: Author.
- Oswald, W. D., & Roth, E. (1987). *Der Zahlen-Verbindungs-test (ZVT)*. Göttingen/Toronto/Zürich: Hogrefe-Verlag.
- Park, N. W., & Barbuto, E. (2005). Treating attention impairments. Dans P. W. Halligan & D. T. Wade (Éds), *Effectiveness of Rehabilitation for cognitive deficits* (pp. 81-90). Oxford: Oxford University Press.
- Posner, M. I. (1980). Orienting of attention. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 41, 19-45.
- Posner, M. I. (2008). Measuring Alertness. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1129, 193-199.
- Posner, M. I., & Boies, S. J. (1971). Components of attention. *Psychological Review*, 78, 391-408.
- Posner, M. I., & Dehaene, S. (1994). Attentional networks. *Trends in Neuroscience*, 17, 75-79.
- Posner, M. I., & Petersen, S. E. (1990). The attention system of the human brain. *Annual Review of Neuroscience*, 13, 25-42.
- Posner, M. I., & Rothbart, M. K. (2007). Research on attention networks as a model for the integration of psychological science. *Annual Review of Psychology*, 58, 1-23.
- Posner, M. I., Sheese, B. E., Odludas, Y., & Tang, Y. (2006). Analyzing and shaping human attentional networks. *Neuronal Networks*, 19, 1422-1429.
- Posner, M. I., Walker, J. A., Friedrich, F. J., & Rafal, R. D. (1987). How do the parietal lobes direct covert attention. *Neuropsychologia*, 25, 135-146.

- Preiss, M., Kramská, L., Dockalová, E., Holubová, M., & Kucerová, H. (2010). Attentional networks in euthymic patients with unipolar depression. *European Psychiatry*, 25, 69-74.
- Raz, A. (2004). Anatomy of attentional networks. *The anatomical record*, 281B, 21-36.
- Raz, A., & Buhle, J. (2006). Typologies of attentional networks. *Nature Reviews*, 7, 367-379.
- Raz, N., Rodrigue, K. M., Kennedy, K. M., & Acker, J. D. (2007). Vascular health and longitudinal changes in brain and cognition in middle-ages and older adults. *Neuropsychology*, 21, 149-157.
- Rosengren, A., Tibblin, G., & Wilhelmsen, L. (1993). Low systolic blood pressure and self-perceived wellbeing in middle aged men. *British Medical Journal*, 306, 243-246.
- Rueda, M. R., Rothbart, M. K., McCandliss, B. D., Saccomanno, L., & Posner, M. I. (2005). Training, maturation, and genetic influences on the development of executive attention. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 102, 14931-14936.
- Schalling, D., & Svensson, J. (1984). Blood pressure and personality. *Personality and Individual Differences*, 5, 41-51.
- Schuepbach, D., Boeker, H., Duschek, S., & Hell, D. (2007). Rapid cerebral hemodynamic modulation during mental planning and movement execution: Evidence of time-locked relationship with complex behavior. *Clinical Neurophysiology*, 118, 2254-2262.
- Shallice, T. (1988). *From neuropsychology to mental structure*. New York: Cambridge University Press.
- Sturm, W., Desimone, A., Krause, B. J., Specht, K., Hesselmann, V., Rademacher, I., ... Willmes, K. (1999). Functional anatomy of intrinsic alertness: evidence for a fronto-parietal-thalamic-brainstem network in the right hemisphere. *Neuropsychologia*, 37, 797-805.
- Tartaglione, A., Bino, G., Manzino, M., Spadavecchia, L., & Favale, E. (1986). Simple reaction-time changes in patients with unilateral brain damage. *Neuropsychologia*, 24, 649-658.
- Van Zomeren, A. H., & Brouwer, W. H. (1994). *Clinical Neuropsychology of Attention*. New York: Oxford University Press.

- Verghese, J., Lipton, R. B., Hall, C. B., Kuslansky, G., & Katz, M. J. (2003). Low blood pressure and the risk of dementia in very old individuals. *Neurology*, 61, 1667-1672.
- Waldstein, S. R., & Katz, L. I. (2001). Hypertension and cognitive function. Dans S. R. Walstein & M. F. Elias (Éds), *Neuropsychology of cardiovascular disease* (pp. 15-36). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Waldstein, S. R., Snow, J., Muldoon, M. F., & Katz, L. I. (2001). Neuropsychological consequences of cardiovascular disease. Dans R. E. Tarter, M. A. Butters, & S. R. Beers (Éds), *Medical neuropsychology* (2<sup>e</sup> éd., pp. 51-83). New York: Plenum.
- Ware, J. E., Kosinski, M., Turner-Bowker, D. M., & Gandek, B., QualityMetric incorporated., & New England Medical Center Hospital (2002). *How to score version 2 of the SF12 health survey (with a supplement documenting version 1)*. Lincoln, R.I: QualityMetric Inc.
- Weisz, N., Schandry, R., Jacobs, A., Miallet, J., & Duschek, S. (2002). Early contingent negative variation of the EEG and attentional flexibility are reduced in hypotension. *International Journal of Psychophysiology*, 45, 253-260.
- Wessely, S., Nickson, J., & Cox, B. (1990). Symptoms of low blood pressure: A population study. *British Medical Journal*, 301, 362-365.
- Wharton, W., Hirshman, E., Merritt, P., Stangl, B., Scanlin, K., & Krieger, L. (2006). Lower blood pressure correlates with poorer performance on visuospatial attention tasks in younger individuals. *Biological Psychology*, 73, 227-234.
- World health organisation (1978). *Arterial hypertension: Report of a WHO expert committee* (WHO Technical report series No.628). Geneva, Switzerland: Author

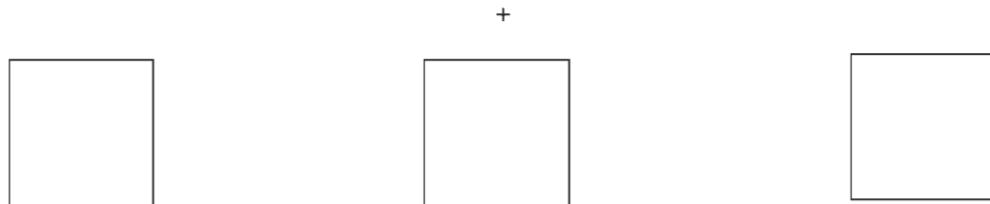
**Appendice A**  
Exemples visuels de certains tests

### Exemple du test **Global local**

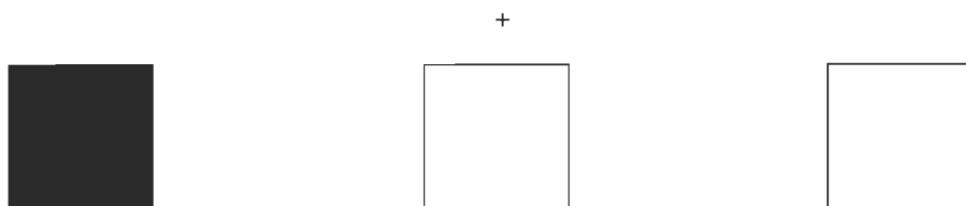
Test attention Global-local			
Stimulus global (appuyer sur 1 car cercles)	Stimulus local (appuyer sur 2 car triangles)	Stimulus local (appuyer sur 1 car cercles)	Stimulus global (appuyer sur 2 car triangles)
Stimulus local (appuyer sur 1 car cercles)	Stimulus global (appuyer sur 2 car triangles)	Stimulus global (appuyer sur 1 car cercles)	Stimulus local (appuyer sur 2 car triangles)
Test d'attention Flanker			
Essai valide (appuyer sur 1 car la flèche cible pointe vers la gauche)	Essai neutre (appuyer sur 1 car la flèche cible pointe vers la gauche)	Essai invalide (appuyer sur 1 car la flèche cible pointe vers la gauche)	Essai invalide (appuyer sur 2 car la flèche cible pointe vers la droite)

**Exemple du test de Posner**

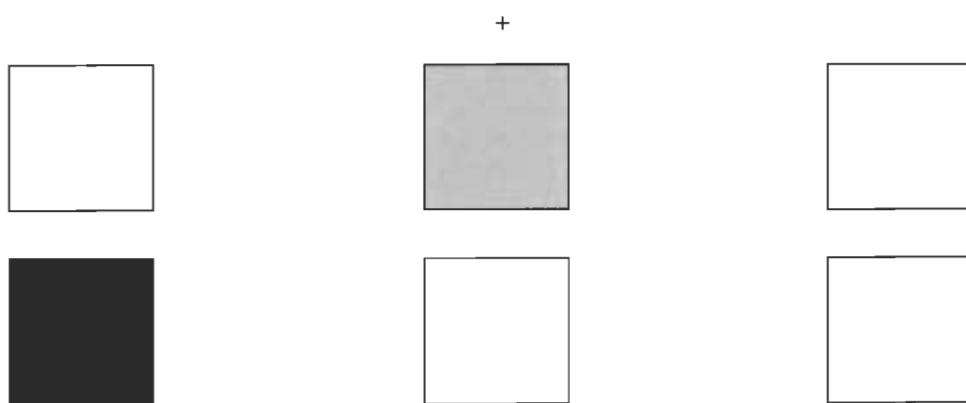
## Illustration de base



Condition neutre (donc aucun carré ne devient gris avant l'apparition du carré noir)

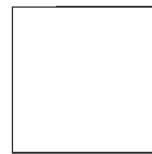


## Condition centrale



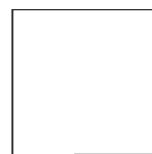
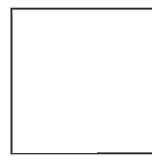
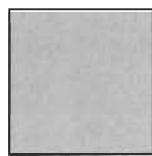
Condition double

+



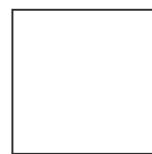
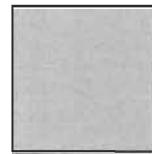
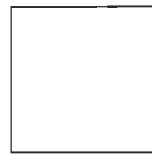
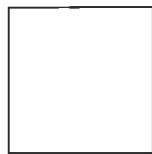
Condition compatible

+



Condition incompatible

+



**Appendice B**  
Formulaire de consentement

## FEUILLE D'INFORMATION

**TITRE DU PROJET :** Capacités attentionnelles et basse pression artérielle (BPA) : la BPA influence-t-elle le rendement attentionnel chez les jeunes adultes?

**RESPONSABLE DU PROJET :** Caroline Gingras, étudiante au doctorat en psychologie à l'Université du Québec à Trois-Rivières (UQTR)

**DIRECTEURS DE RECHERCHE :** Jacques Baillargeon, Ph.D, directeur du Département de psychologie de l'UQTR  
Christian Joyal, Ph.D, professeur au Département de psychologie de l'UQTR

### Informations générales

Nous vous demandons de participer à un projet de recherche visant à comprendre la relation entre la pression artérielle et les capacités attentionnelles. L'objectif de base encouru par cette étude est de préciser l'effet de la pression artérielle sur les capacités attentionnelles afin d'améliorer la prévention et d'intervenir auprès de personnes hypertendues et hypotendues.

Pour participer à la présente recherche, vous devez :

- être âgé(e) entre 18 et 40 ans, homme ou femme;
- n'avoir aucun antécédent de maladies vasculaires et/ou psychiatriques;
- n'avoir aucune dépendance aux drogues/alcool;
- ne prendre aucune médication affectant le système nerveux central;
- ne présenter aucune problématique reliée au système nerveux autonome (par exemple diabète).

Votre participation à cette recherche implique :

- Une rencontre d'une heure pour l'évaluation de vos capacités attentionnelles. L'évaluation des capacités attentionnelles consistera en une série de sept tâches d'attention informatisées. Ces tâches ne requieront aucune connaissance dans le domaine de l'informatique. Tout au long de l'évaluation, la responsable du projet sera présente afin de répondre à vos questions, s'il y a lieu. L'évaluation se tiendra au Pavillon Michel-Sarrasin de l'Université du Québec à Trois-Rivières, à un moment qui vous conviendra.

- Certaines informations sociodémographiques et médicales vous seront demandées. Ces questions concerneront votre âge, votre sexe, votre niveau de scolarité, votre statut social, votre emploi, votre état de santé. De plus, il vous sera demandé de répondre à un questionnaire composé de 12 questions portant sur votre perception de votre état de santé.
- Votre pression artérielle sera mesurée à trois reprises à l'aide d'un appareil, le sphygmomanomètre. Dans le cas où votre pression artérielle se situerait dans la zone inférieure ou supérieure à la normale suite à notre mesure, nous vous en informerons et vous suggérerons de consulter votre médecin.

En plus de vous informer sur votre pression artérielle, ce projet vous donnera l'opportunité de recevoir un bilan synthèse de vos capacités attentionnelles d'ici la fin de l'étude. Il vous permettra de prendre conscience de vos forces et de déterminer quels aspects pourraient être améliorés, s'il y a lieu, au plan attentionnel.

Toute l'information obtenue au cours de cette étude sera traitée de façon strictement confidentielle avec un système de codes numériques remplaçant votre nom. Toutes les informations relatives à l'étude seront gardées sous clé et seules les personnes impliquées dans l'étude y auront accès. Ainsi, votre identité ne sera pas révélée et n'apparaîtra dans aucune publication scientifique. De plus, les données seront gardées pour une durée maximale de 5 ans suivant la fin de l'étude. En tant que participant, vous pourrez connaître les résultats généraux de la recherche en les demandant à la responsable de la recherche.

La participation à ces épreuves n'entraîne aucun risque. Toutefois, il est possible que certaines personnes éprouvent de la fatigue suite à l'accomplissement des tâches attentionnelles du fait que celles-ci sollicitent une concentration continue.

Vous êtes libre de vous retirer de la recherche à tout moment, sans avoir à justifier votre décision et sans en subir de préjudice. La responsable de la recherche peut vous retirer de la recherche après vous en avoir donné le motif.

### **Rémunération**

Votre participation à cette recherche est strictement volontaire, donc aucune rémunération ne vous sera offerte. Toutefois, les coûts de stationnement seront défrayés par la responsable de l'étude.

### **Pour informations supplémentaires**

Il est possible de rejoindre la responsable du projet, Caroline Gingras, au 819.698.3288 ou par courriel [caroline.gingras1@uqtr.ca](mailto:caroline.gingras1@uqtr.ca).

## CONSENTEMENT DU PARTICIPANT

Je, \_\_\_\_\_, reconnaiss avoir été suffisamment informé(e) du projet de recherche *Capacités attentionnelles et pression artérielle : déficits associés à l'hypertension et l'hypotension* et de bien comprendre ce que ma participation à cette recherche implique pour moi. En toute connaissance et en toute liberté, j'accepte d'y participer et j'autorise la responsable à utiliser les résultats de ma participation selon les informations qu'elle m'a fournies.

Cette recherche est approuvée par le comité d'éthique de la recherche de l'Université du Québec à Trois-Rivières et un certificat portant le numéro CER-06-117-06.02 a été émis le 15 décembre 2006. Pour toute question ou plainte d'ordre éthique concernant cette recherche, vous devez communiquer avec la secrétaire du comité d'éthique de la recherche de l'Université du Québec à Trois-Rivières, Mme Fabiola Gagnon, par téléphone (819) 376-5011, poste 2136 ou par courrier électronique [Fabiola.Gagnon@uqtr.ca](mailto:Fabiola.Gagnon@uqtr.ca).

\_\_\_\_\_  
date : \_\_\_\_\_

Signature du participant

## ENGAGEMENT DE L'ÉTUDIANT ET DES DIRECTEURS DE RECHERCHE

Je, \_\_\_\_\_, étudiant(e) au doctorat en psychologie, sous la supervision de Jacques Baillargeon et de Christian Joyal, m'engage à mener la présente recherche portant sur les déficits attentionnels associés à la pression artérielle selon les dispositions acceptées par le Comité d'éthique de la recherche de l'Université du Québec à Trois-Rivières et à protéger l'intégrité physique, psychologique et sociale des participants tout au long de la recherche et à assurer la confidentialité des informations recueillies. Je m'engage également à fournir aux participants tout le support permettant d'atténuer les effets négatifs pouvant découler de la participation à cette recherche.

\_\_\_\_\_  
date : \_\_\_\_\_

Signature de l'étudiante

Département de psychologie

Université du Québec à Trois-Rivières

\_\_\_\_\_  
date : \_\_\_\_\_

Signature du directeur de recherche

Département de psychologie, UQTR

\_\_\_\_\_  
date : \_\_\_\_\_

Signature du directeur de recherche

Département de psychologie, UQTR

**Appendice C**  
Questionnaire SF-12-v2

# Votre Santé et Votre Bien-Être

**Les questions qui suivent portent sur votre santé, telle que vous la percevez. Vos réponses permettront de suivre l'évolution de votre état de santé et de savoir dans quelle mesure vous pouvez accomplir vos activités courantes. Merci d'avoir complété ce questionnaire!**

Pour chacune des questions suivantes, cochez la case  correspondant le mieux à votre réponse.

**1. En général, diriez-vous que votre santé est :**

Excellent	Très bonne	Bonne	Passable	Mauvaise
				
<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5

**2. Les questions suivantes portent sur les activités que vous pourriez avoir à faire au cours d'une journée normale. Votre état de santé actuel vous limite-t-il dans ces activités? Si oui, dans quelle mesure?**

Mon état de santé me limite beaucoup	Mon état de santé me limite un peu	Mon état de santé ne me limite pas du tout
		

a) Dans les activités modérées comme déplacer une table, passer l'aspirateur, jouer aux quilles ou au golf

<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3
----------------------------	----------------------------	----------------------------

b) Pour monter plusieurs étages à pied

<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3
----------------------------	----------------------------	----------------------------

3. **Au cours des quatre dernières semaines, combien de fois avez-vous eu l'une ou l'autre des difficultés suivantes au travail ou dans vos autres activités quotidiennes à cause de votre état de santé physique?**

	Tout le temps	La plupart du temps	Parfois	Rarement	Jamais
	▼	▼	▼	▼	▼

- a. Avez-vous accompli moins de choses que vous l'auriez voulu?  1  2  3  4  5
- b. Avez-vous été limité(e) dans la nature de vos tâches ou de vos autres activités?  1  2  3  4  5

4. **Au cours des quatre dernières semaines, combien de fois avez-vous eu l'une ou l'autre des difficultés suivantes au travail ou dans vos autres activités quotidiennes à cause de l'état de votre moral (comme le fait de vous sentir déprimé(e) ou anxieux(se))?**

	Tout le temps	La plupart du temps	Parfois	Rarement	Jamais
	▼	▼	▼	▼	▼

- a. Avez-vous accompli moins de choses que vous l'auriez voulu?  1  2  3  4  5
- b. Avez-vous fait votre travail ou vos autres activités avec moins de soin qu'à l'habitude?  1  2  3  4  5

5. **Au cours des quatre dernières semaines, dans quelle mesure la douleur a-t-elle nui à vos activités habituelles (au travail comme à la maison)?**

	Pas du tout	Un peu	Moyennement	Beaucoup	Énormément
	▼	▼	▼	▼	▼
	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5

6. Ces questions portent sur les quatre dernières semaines. Pour chacune des questions suivantes, donnez la réponse qui s'approche le plus de la façon dont vous vous êtes senti(e). Au cours des quatre dernières semaines, combien de fois :

	Tout le temps	La plupart du temps	Parfois	Rarement	Jamais
a) Vous êtes-vous senti(e) calme et serein(e)?	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
b) Avez-vous eu beaucoup d'énergie?	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
c) Vous êtes-vous senti(e) triste et démoralisé(e)?	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5

7. Au cours des quatre dernières semaines, combien de fois votre état physique ou moral a-t-il nui à vos activités sociales (comme visiter des amis, des parents, etc.)?

	Tout le temps	La plupart du temps	Parfois	Rarement	Jamais
	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5

***Merci d'avoir bien voulu répondre à ces questions!***

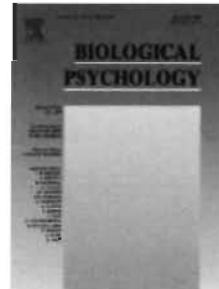
## **Appendice D**

Normes de l'article 1 selon la revue Biological Psychology



### TABLE OF CONTENTS

- **Description** p.1
- **Audience** p.1
- **Impact Factor** p.1
- **Abstracting and Indexing** p.2
- **Editorial Board** p.2
- **Guide for Authors** p.3



ISSN: 0301-0511

### DESCRIPTION

*Biological Psychology* publishes original scientific papers on the **biological** aspects of **psychological** states and processes. Biological aspects include electrophysiology and biochemical assessments during psychological experiments as well as biologically induced changes in psychological function. Psychological investigations based on biological theories are also of interest. All aspects of psychological functioning, including psychopathology, are germane.

The Journal concentrates on work with human subjects, but may consider work with animal subjects if conceptually related to issues in **human biological psychology**. Empirical reports are the core of the Journal, but review articles as well as technical notes relevant to biological psychology are encouraged. A brief report section publishes well written papers of fewer than 1500 words with minimal delay from the submission date. Critical commentaries of relevance to our readership are also considered. Finally, *Biological Psychology* regularly publishes special issues on selected topics within its scope.

#### Benefits to authors

We also provide many author benefits, such as free PDFs, a liberal copyright policy, special discounts on Elsevier publications and much more. Please click [here](#) for more information on our author services.

Please see our Guide for Authors for information on article submission. If you require any further information or help, please visit our support pages: <http://support.elsevier.com>

### AUDIENCE

Psychologists, psychiatrists, neuroscientists, cognitive scientists, psychophysiologists

### IMPACT FACTOR

2011: 3.225 © Thomson Reuters Journal Citation Reports 2012

## ABSTRACTING AND INDEXING

---

APA Psychological Abstracts  
 BIOSIS  
 Behavioral Medicine Abstracts  
 Biosciences Info Index  
 Chemical Abstracts  
 Current Contents/Social & Behavioral Sciences  
 EMBASE  
 Elsevier BIOBASE  
 MEDLINE®  
 Scopus  
 Social Sciences Citation Index

## EDITORIAL BOARD

---

***Editor-in Chief***

**O.V. Lipp**, University of Queensland, Brisbane, QLD, Australia

***Honorary Editor:***

**J.R. Jennings**, Pittsburgh, PA, USA

***Founding Editors:***

**M.H. Lader**, London, UK

**P.H. Venables**, York, England, UK

***Associate Editors***

**T. Åkerstedt**, Stockholm, Sweden

**A. Angrilli**, Padova, Italy

**A.P. Anokhin**, St. Louis, MO, USA

**B. Cornwell**, Bethesda, MD, USA

**D. Cruess**, Storrs, CT, USA

**B.H. Friedman**, Blacksburg, VA, USA

**G. Frishkoff**, Milwaukee, WI, USA

**C. Grillon**, Bethesda, MD, USA

**F. Martin**, Hobart TAS, Australia

**C. Ring**, Birmingham, UK

**H. Schupp**, Konstanz, Germany

**O. van den Bergh**, Leuven, Belgium

**R.H.J. van der Lubbe**, Enschede, Netherlands

**E. Vanman**, Brisbane, QLD, Australia

**S. Wüst**, Mannheim, Germany

**H. Yabe**, Hikarigaoka, Japan

## GUIDE FOR AUTHORS

---

### INTRODUCTION

#### *Types of paper*

The journal publishes empirical reports, reviews and brief reports of fewer than 1500 words (excluding the references).

#### **Covering letter**

Authors are required to submit a covering letter with their submission and must address the following:

- a) State briefly the main contribution of the current report
- b) State that your manuscript meets the guidelines for ethical conduct and report of research <http://www.elsevier.com/wps/find/authorsview.authors/rights?tab=3>
- c) State whether potential or actual conflicts of interest do or do not exist <http://www.elsevier.com/conflictsofinterest>. If a potential or actual conflict of interests exists, it must be included at the end of the manuscript, under a subheading "Disclosure Statement".
- d) State that the reported research (partially or in its entirety) is unpublished and not under consideration for publication elsewhere.

#### *The Neuroscience Peer Review Consortium*

*Biological Psychology* is a member of the Neuroscience Peer Review Consortium (NPRC). The NPRC has been formed to reduce the time expended and, in particular, the duplication of effort by, and associated burden on reviewers involved in the peer review of original neuroscience research papers. It is an alliance of neuroscience journals that have agreed to accept manuscript reviews from other Consortium journals. By reducing the number of times that a manuscript is reviewed, the Consortium will reduce the load on reviewers and Editors, and speed the publication of research results.

If a manuscript has been rejected by another journal in the Consortium, authors can submit the manuscript to *Biological Psychology* and indicate that the referees' reports from the first journal be made available to the Editors of *Biological Psychology*. (N.B. Only manuscripts which were first submitted to another journal after 1st January 2008 are eligible for the NPRC scheme.)

It is the authors' decision as to whether or not to indicate that a set of referee's reports should be forwarded from the first journal to *Biological Psychology*. If an author does not wish for this to happen, the manuscript can be submitted to *Biological Psychology* without reference to the previous submission. No information will be exchanged between journals except at the request of authors. However, if the original referees' reports suggested that the paper is of high quality, but not suitable for the first journal, then it will often be to an author's advantage to indicate that referees' reports should be made available.

Authors should revise the original submission in accordance with the first journal's set of referee reports, reformat the paper to *Biological Psychology* specification and submit the paper to *Biological Psychology* with a covering letter describing the changes that have been made, and informing the Editors that they are happy for referees' reports to be forwarded from the first Consortium journal. Authors will be asked upon submission to *Biological Psychology* the title of the first journal submitted to and the manuscript ID that was given by that journal. The editorial office of *Biological Psychology* will request the referees' reports from the first journal.

The Editors of *Biological Psychology* will use forwarded referees' reports at their discretion. The Editors may use the reports directly to make a decision, or they may request further reviews if they feel such are necessary.

Visit <http://nprc.incf.org> for a list of Consortium journals, as well as further information on the scheme.

### BEFORE YOU BEGIN

#### *Ethics in publishing*

For information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see <http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/ethicalguidelines>.

## **Conflict of interest**

All authors are requested to disclose any actual or potential conflict of interest including any financial, personal or other relationships with other people or organizations within three years of beginning the submitted work that could inappropriately influence, or be perceived to influence, their work. See also <http://www.elsevier.com/conflictsofinterest>. Further information and an example of a Conflict of Interest form can be found at: [http://elsevier6.custhelp.com/app/answers/detail/a\\_id/286/p/7923/](http://elsevier6.custhelp.com/app/answers/detail/a_id/286/p/7923/).

## **Submission declaration and verification**

Submission of an article implies that the work described has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <http://www.elsevier.com/postingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. To verify originality, your article may be checked by the originality detection service CrossCheck <http://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

## **Changes to authorship**

This policy concerns the addition, deletion, or rearrangement of author names in the authorship of accepted manuscripts:

*Before the accepted manuscript is published in an online issue:* Requests to add or remove an author, or to rearrange the author names, must be sent to the Journal Manager from the corresponding author of the accepted manuscript and must include: (a) the reason the name should be added or removed, or the author names rearranged and (b) written confirmation (e-mail, fax, letter) from all authors that they agree with the addition, removal or rearrangement. In the case of addition or removal of authors, this includes confirmation from the author being added or removed. Requests that are not sent by the corresponding author will be forwarded by the Journal Manager to the corresponding author, who must follow the procedure as described above. Note that: (1) Journal Managers will inform the Journal Editors of any such requests and (2) publication of the accepted manuscript in an online issue is suspended until authorship has been agreed.

*After the accepted manuscript is published in an online issue:* Any requests to add, delete, or rearrange author names in an article published in an online issue will follow the same policies as noted above and result in a corrigendum.

## **Copyright**

This journal offers authors a choice in publishing their research: Open Access and Subscription.

### **For Subscription articles**

Upon acceptance of an article, authors will be asked to complete a 'Journal Publishing Agreement' (for more information on this and copyright, see <http://www.elsevier.com/copyright>). An e-mail will be sent to the corresponding author confirming receipt of the manuscript together with a 'Journal Publishing Agreement' form or a link to the online version of this agreement.

Subscribers may reproduce tables of contents or prepare lists of articles including abstracts for internal circulation within their institutions. Permission of the Publisher is required for resale or distribution outside the institution and for all other derivative works, including compilations and translations (please consult <http://www.elsevier.com/permissions>). If excerpts from other copyrighted works are included, the author(s) must obtain written permission from the copyright owners and credit the source(s) in the article. Elsevier has preprinted forms for use by authors in these cases: please consult <http://www.elsevier.com/permissions>.

### **For Open Access articles**

Upon acceptance of an article, authors will be asked to complete an 'Exclusive License Agreement' (for more information see <http://www.elsevier.com/OAauthoragreement>). Permitted reuse of open access articles is determined by the author's choice of user license (see <http://www.elsevier.com/openaccesslicenses>).

## **Retained author rights**

As an author you (or your employer or institution) retain certain rights. For more information on author rights for:

Subscription articles please see <http://www.elsevier.com/authorsrights>.

Open access articles please see <http://www.elsevier.com/OAauthoragreement>.

#### ***Role of the funding source***

You are requested to identify who provided financial support for the conduct of the research and/or preparation of the article and to briefly describe the role of the sponsor(s), if any, in study design; in the collection, analysis and interpretation of data; in the writing of the report; and in the decision to submit the article for publication. If the funding source(s) had no such involvement then this should be stated. Please see <http://www.elsevier.com/funding>.

#### ***Funding body agreements and policies***

Elsevier has established agreements and developed policies to allow authors whose articles appear in journals published by Elsevier, to comply with potential manuscript archiving requirements as specified as conditions of their grant awards. To learn more about existing agreements and policies please visit <http://www.elsevier.com/fundingbodies>.

#### **US National Institutes of Health (NIH) voluntary posting (" Public Access") policy.**

As a service to our authors, Elsevier will deposit to PubMed Central (PMC) author manuscripts on behalf of Elsevier authors reporting NIH funded research. This service is a continuation of Elsevier's 2005 agreement with the NIH when the NIH introduced their voluntary 'Public Access Policy.'

The service will help authors comply with the National Institutes of Health (NIH) revised "Public Access Policy," effective April 7, 2008. The NIH's revised policy requires that NIH-funded authors submit to PubMed Central (PMC), or have submitted on their behalf, their peer-reviewed author manuscripts, to appear on PMC no later than 12 months after final publication.

Elsevier will send to PMC the final peer-reviewed manuscript, which was accepted for publication and sent to Elsevier's production department, and that reflects any author-agreed changes made in response to peer-review comments. Elsevier will authorize the author manuscript's public access posting 12 months after final publication. Following the deposit by Elsevier, authors will receive further communications from Elsevier and NIH with respect to the submission.

Authors are also welcome to post their accepted author manuscript on their personal or institutional web site. Please note that consistent with Elsevier's author agreement, authors should not post manuscripts directly to PMC or other third party sites. Individual modifications to this general policy may apply to some Elsevier journals and society publishing partners.

As a leading publisher of scientific, technical and medical (STM) journals, Elsevier has led the industry in developing tools, programs and partnerships that provide greater access to, and understanding of, the vast global body of STM information. This service is an example of Elsevier willingness to work cooperatively to meet the needs of all participants in the STM publishing community.

#### ***Open access***

This journal offers authors a choice in publishing their research:

##### **Open Access**

- Articles are freely available to both subscribers and the wider public with permitted reuse
- An Open Access publication fee is payable by authors or their research funder

##### **Subscription**

- Articles are made available to subscribers as well as developing countries and patient groups through our access programs (<http://www.elsevier.com/access>)
- No Open Access publication fee

All articles published Open Access will be immediately and permanently free for everyone to read and download. Permitted reuse is defined by your choice of one of the following Creative Commons user licenses:

**Creative Commons Attribution (CC BY):** lets others distribute and copy the article, to create extracts, abstracts, and other revised versions, adaptations or derivative works of or from an article (such as a translation), to include in a collective work (such as an anthology), to text or data mine

the article, even for commercial purposes, as long as they credit the author(s), do not represent the author as endorsing their adaptation of the article, and do not modify the article in such a way as to damage the author's honor or reputation.

**Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike (CC BY-NC-SA):** for non-commercial purposes, lets others distribute and copy the article, to create extracts, abstracts and other revised versions, adaptations or derivative works of or from an article (such as a translation), to include in a collective work (such as an anthology), to text and data mine the article, as long as they credit the author(s), do not represent the author as endorsing their adaptation of the article, do not modify the article in such a way as to damage the author's honor or reputation, and license their new adaptations or creations under identical terms (CC BY-NC-SA).

**Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivs (CC BY-NC-ND):** for non-commercial purposes, lets others distribute and copy the article, and to include in a collective work (such as an anthology), as long as they credit the author(s) and provided they do not alter or modify the article.

To provide Open Access, this journal has a publication fee which needs to be met by the authors or their research funders for each article published Open Access.

Your publication choice will have no effect on the peer review process or acceptance of submitted articles.

The publication fee for this journal is **\$2,200**, excluding taxes. Learn more about Elsevier's pricing policy: <http://www.elsevier.com/openaccesspricing>.

#### *Language (usage and editing services)*

Please write your text in good English (American or British usage is accepted, but not a mixture of these). Authors who feel their English language manuscript may require editing to eliminate possible grammatical or spelling errors and to conform to correct scientific English may wish to use the English Language Editing service available from Elsevier's WebShop <http://webshop.elsevier.com/languageditor/> or visit our customer support site <http://support.elsevier.com> for more information.

#### *Submission*

Submission to this journal proceeds online. Visit the submission page of this journal at <http://ees.elsevier.com/biopsy> where you will be guided stepwise through the creation and uploading of your files. The system automatically converts source files to a single PDF file of the article, which is used in the peer-review process. Please note that even though manuscript source files are converted to PDF files at submission for the review process, these source files are needed for further processing after acceptance. All correspondence, including notification of the Editor's decision and requests for revision, takes place by e-mail removing the need for a paper trail.

## **PREPARATION**

#### *Use of wordprocessing software*

It is important that the file be saved in the native format of the wordprocessor used. The text should be in single-column format. Keep the layout of the text as simple as possible. Most formatting codes will be removed and replaced on processing the article. In particular, do not use the wordprocessor's options to justify text or to hyphenate words. However, do use bold face, italics, subscripts, superscripts etc. When preparing tables, if you are using a table grid, use only one grid for each individual table and not a grid for each row. If no grid is used, use tabs, not spaces, to align columns. The electronic text should be prepared in a way very similar to that of conventional manuscripts (see also the Guide to Publishing with Elsevier: <http://www.elsevier.com/guidepublication>). Note that source files of figures, tables and text graphics will be required whether or not you embed your figures in the text. See also the section on Electronic artwork.

To avoid unnecessary errors you are strongly advised to use the 'spell-check' and 'grammar-check' functions of your wordprocessor.

#### *Essential title page information*

- **Title.** Concise and informative. Titles are often used in information-retrieval systems. Avoid abbreviations and formulae where possible.

• **Author names and affiliations.** Where the family name may be ambiguous (e.g., a double name), please indicate this clearly. Present the authors' affiliation addresses (where the actual work was done) below the names. Indicate all affiliations with a lower-case superscript letter immediately after the author's name and in front of the appropriate address. Provide the full postal address of each affiliation, including the country name and, if available, the e-mail address of each author.

• **Corresponding author.** Clearly indicate who will handle correspondence at all stages of refereeing and publication, also post-publication. **Ensure that phone numbers (with country and area code) are provided in addition to the e-mail address and the complete postal address. Contact details must be kept up to date by the corresponding author.**

• **Present/permanent address.** If an author has moved since the work described in the article was done, or was visiting at the time, a 'Present address' (or 'Permanent address') may be indicated as a footnote to that author's name. The address at which the author actually did the work must be retained as the main, affiliation address. Superscript Arabic numerals are used for such footnotes.

### **Abstract**

A concise and factual abstract is required. The abstract should state briefly the purpose of the research, the principal results and major conclusions. An abstract is often presented separately from the article, so it must be able to stand alone. For this reason, References should be avoided, but if essential, then cite the author(s) and year(s). Also, non-standard or uncommon abbreviations should be avoided, but if essential they must be defined at their first mention in the abstract itself. The abstract should be no more than 150 words.

### **Manuscript formatting**

Manuscripts should be prepared in accordance with the formatting recommendations found in Publication Manual of the American Psychological Association (sixth edition, 2010). This covers recommendations as to general manuscript format, referencing, and the preparation of Figures and Tables. Footnotes should be kept to minimum. Papers which do not conform to the above instructions may be returned for the necessary revisions prior to review.

### **Graphical abstract**

A Graphical abstract is optional and should summarize the contents of the article in a concise, pictorial form designed to capture the attention of a wide readership online. Authors must provide images that clearly represent the work described in the article. Graphical abstracts should be submitted as a separate file in the online submission system. Image size: Please provide an image with a minimum of 531 x 1328 pixels (h x w) or proportionally more. The image should be readable at a size of 5 x 13 cm using a regular screen resolution of 96 dpi. Preferred file types: TIFF, EPS, PDF or MS Office files. See <http://www.elsevier.com/graphicalabstracts> for examples.

Authors can make use of Elsevier's Illustration and Enhancement service to ensure the best presentation of their images also in accordance with all technical requirements: Illustration Service.

### **Highlights**

Highlights are mandatory for this journal. They consist of a short collection of bullet points that convey the core findings of the article and should be submitted in a separate file in the online submission system. Please use 'Highlights' in the file name and include 3 to 5 bullet points (maximum 85 characters, including spaces, per bullet point). See <http://www.elsevier.com/highlights> for examples.

### **Database linking**

Elsevier encourages authors to connect articles with external databases, giving their readers one-click access to relevant databases that help to build a better understanding of the described research. Please refer to relevant database identifiers using the following format in your article: Database: xxxx (e.g., TAIR: AT1G01020; CCDC: 734053; PDB: 1XFN). See <http://www.elsevier.com/databaselinking> for more information and a full list of supported databases.

### **Artwork**

#### *Electronic artwork*

##### *General points*

- Make sure you use uniform lettering and sizing of your original artwork.
- Embed the used fonts if the application provides that option.
- Aim to use the following fonts in your illustrations: Arial, Courier, Times New Roman, Symbol, or use fonts that look similar.
- Number the illustrations according to their sequence in the text.

- Use a logical naming convention for your artwork files.
- Provide captions to illustrations separately.
- Size the illustrations close to the desired dimensions of the printed version.
- Submit each illustration as a separate file.

A detailed guide on electronic artwork is available on our website:  
<http://www.elsevier.com/artworkinstructions>

**You are urged to visit this site; some excerpts from the detailed information are given here.**

#### *Formats*

If your electronic artwork is created in a Microsoft Office application (Word, PowerPoint, Excel) then please supply 'as is' in the native document format.

Regardless of the application used other than Microsoft Office, when your electronic artwork is finalized, please 'Save as' or convert the images to one of the following formats (note the resolution requirements for line drawings, halftones, and line/halftone combinations given below):

EPS (or PDF): Vector drawings, embed all used fonts.

TIFF (or JPEG): Color or grayscale photographs (halftones), keep to a minimum of 300 dpi.

TIFF (or JPEG): Bitmapped (pure black & white pixels) line drawings, keep to a minimum of 1000 dpi.

TIFF (or JPEG): Combinations bitmapped line/half-tone (color or grayscale), keep to a minimum of 500 dpi.

#### **Please do not:**

- Supply files that are optimized for screen use (e.g., GIF, BMP, PICT, WPG); these typically have a low number of pixels and limited set of colors;
- Supply files that are too low in resolution;
- Submit graphics that are disproportionately large for the content.

#### *Color artwork*

Please make sure that artwork files are in an acceptable format (TIFF (or JPEG), EPS (or PDF), or MS Office files) and with the correct resolution. If, together with your accepted article, you submit usable color figures then Elsevier will ensure, at no additional charge, that these figures will appear in color on the Web (e.g., ScienceDirect and other sites) regardless of whether or not these illustrations are reproduced in color in the printed version. **For color reproduction in print, you will receive information regarding the costs from Elsevier after receipt of your accepted article.** Please indicate your preference for color: in print or on the Web only. For further information on the preparation of electronic artwork, please see <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>.

Please note: Because of technical complications which can arise by converting color figures to 'gray scale' (for the printed version should you not opt for color in print) please submit in addition usable black and white versions of all the color illustrations.

#### *Figure captions*

Ensure that each illustration has a caption. Supply captions separately, not attached to the figure. A caption should comprise a brief title (**not** on the figure itself) and a description of the illustration. Keep text in the illustrations themselves to a minimum but explain all symbols and abbreviations used.

#### *Text graphics*

Text graphics may be embedded in the text at the appropriate position. If you are working with LaTeX and have such features embedded in the text, these can be left. See further under Electronic artwork.

#### *Tables*

Number tables consecutively in accordance with their appearance in the text. Place footnotes to tables below the table body and indicate them with superscript lowercase letters. Avoid vertical rules. Be sparing in the use of tables and ensure that the data presented in tables do not duplicate results described elsewhere in the article.

#### *Reference style*

*Text:* Citations in the text should follow the referencing style used by the American Psychological Association. You are referred to the Publication Manual of the American Psychological Association, Sixth Edition, ISBN 978-1-4338-0561-5, copies of which may be ordered from <http://books.apa.org/books.cfm?id=4200067> or APA Order Dept., P.O.B. 2710, Hyattsville, MD 20784, USA or APA, 3 Henrietta Street, London, WC3E 8LU, UK.

*List:* references should be arranged first alphabetically and then further sorted chronologically if necessary. More than one reference from the same author(s) in the same year must be identified by the letters 'a', 'b', 'c', etc., placed after the year of publication.

#### *Examples:*

Reference to a journal publication:

Van der Geer, J., Hanraads, J. A. J., & Lupton, R. A. (2010). The art of writing a scientific article. *Journal of Scientific Communications*, 163, 51–59.

Reference to a book:

Strunk, W., Jr., & White, E. B. (2000). *The elements of style*. (4th ed.). New York: Longman, (Chapter 4).

Reference to a chapter in an edited book:

Mettam, G. R., & Adams, L. B. (2009). How to prepare an electronic version of your article. In B. S. Jones, & R. Z. Smith (Eds.), *Introduction to the electronic age* (pp. 281–304). New York: E-Publishing Inc.

### **Video data**

Elsevier accepts video material and animation sequences to support and enhance your scientific research. Authors who have video or animation files that they wish to submit with their article are strongly encouraged to include links to these within the body of the article. This can be done in the same way as a figure or table by referring to the video or animation content and noting in the body text where it should be placed. All submitted files should be properly labeled so that they directly relate to the video file's content. In order to ensure that your video or animation material is directly usable, please provide the files in one of our recommended file formats with a preferred maximum size of 50 MB. Video and animation files supplied will be published online in the electronic version of your article in Elsevier Web products, including ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>. Please supply 'stills' with your files: you can choose any frame from the video or animation or make a separate image. These will be used instead of standard icons and will personalize the link to your video data. For more detailed instructions please visit our video instruction pages at <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>. Note: since video and animation cannot be embedded in the print version of the journal, please provide text for both the electronic and the print version for the portions of the article that refer to this content.

### **AudioSlides**

The journal encourages authors to create an AudioSlides presentation with their published article. AudioSlides are brief, webinar-style presentations that are shown next to the online article on ScienceDirect. This gives authors the opportunity to summarize their research in their own words and to help readers understand what the paper is about. More information and examples are available at <http://www.elsevier.com/audioslides>. Authors of this journal will automatically receive an invitation e-mail to create an AudioSlides presentation after acceptance of their paper.

### **Supplementary data**

Elsevier accepts electronic supplementary material to support and enhance your scientific research. Supplementary files offer the author additional possibilities to publish supporting applications, high-resolution images, background datasets, sound clips and more. Supplementary files supplied will be published online alongside the electronic version of your article in Elsevier Web products, including ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>. In order to ensure that your submitted material is directly usable, please provide the data in one of our recommended file formats. Authors should submit the material in electronic format together with the article and supply a concise and descriptive caption for each file. For more detailed instructions please visit our artwork instruction pages at <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>.

### **Submission checklist**

The following list will be useful during the final checking of an article prior to sending it to the journal for review. Please consult this Guide for Authors for further details of any item.

#### **Ensure that the following items are present:**

One author has been designated as the corresponding author with contact details:

- E-mail address
- Full postal address
- Phone numbers

All necessary files have been uploaded, and contain:

- Keywords
- All figure captions
- All tables (including title, description, footnotes)

Further considerations

- Manuscript has been 'spell-checked' and 'grammar-checked'
- References are in the correct format for this journal
- All references mentioned in the Reference list are cited in the text, and vice versa

- Permission has been obtained for use of copyrighted material from other sources (including the Web)
- Color figures are clearly marked as being intended for color reproduction on the Web (free of charge) and in print, or to be reproduced in color on the Web (free of charge) and in black-and-white in print
- If only color on the Web is required, black-and-white versions of the figures are also supplied for printing purposes

For any further information please visit our customer support site at <http://support.elsevier.com>.

### ***Submission checklist***

The following list will be useful during the final checking of an article prior to sending it to the journal for review. Please consult this Guide for Authors for further details of any item.

#### **Ensure that the following items are present:**

One author has been designated as the corresponding author with contact details:

- E-mail address
- Full postal address
- Telephone and fax numbers

All necessary files have been uploaded, and contain:

- Keywords
- All figure captions
- All tables (including title, description, footnotes)

Further considerations

- Manuscript has been 'spell-checked' and 'grammar-checked'
- References are in the correct format for this journal (APA, 6th edition)
- All references mentioned in the Reference list are cited in the text, and vice versa
- Permission has been obtained for use of copyrighted material from other sources (including the Web)
- Color figures are clearly marked as being intended for color reproduction on the Web (free of charge) and in print, or to be reproduced in color on the Web (free of charge) and in black-and-white in print
- If only color on the Web is required, black-and-white versions of the figures are also supplied for printing purposes

For any further information please visit our customer support site at <http://support.elsevier.com>.

## **AFTER ACCEPTANCE**

### ***Use of the Digital Object Identifier***

The Digital Object Identifier (DOI) may be used to cite and link to electronic documents. The DOI consists of a unique alpha-numeric character string which is assigned to a document by the publisher upon the initial electronic publication. The assigned DOI never changes. Therefore, it is an ideal medium for citing a document, particularly 'Articles in press' because they have not yet received their full bibliographic information. Example of a correctly given DOI (in URL format; here an article in the journal *Physics Letters B*):

<http://dx.doi.org/10.1016/j.physletb.2010.09.059>

When you use a DOI to create links to documents on the web, the DOIs are guaranteed never to change.

### ***Proofs***

One set of page proofs (as PDF files) will be sent by e-mail to the corresponding author (if we do not have an e-mail address then paper proofs will be sent by post) or, a link will be provided in the e-mail so that authors can download the files themselves. Elsevier now provides authors with PDF proofs which can be annotated; for this you will need to download Adobe Reader version 7 (or higher) available free from <http://get.adobe.com/reader>. Instructions on how to annotate PDF files will accompany the proofs (also given online). The exact system requirements are given at the Adobe site: <http://www.adobe.com/products/reader/tech-specs.html>.

If you do not wish to use the PDF annotations function, you may list the corrections (including replies to the Query Form) and return them to Elsevier in an e-mail. Please list your corrections quoting line number. If, for any reason, this is not possible, then mark the corrections and any other comments (including replies to the Query Form) on a printout of your proof and return by fax, or scan the pages and e-mail, or by post. Please use this proof only for checking the typesetting, editing, completeness and correctness of the text, tables and figures. Significant changes to the article as accepted for publication will only be considered at this stage with permission from the Editor. We will do everything possible to get your article published quickly and accurately – please let us have all your corrections within 48 hours. It is important to ensure that all corrections are sent back to us in one

communication: please check carefully before replying, as inclusion of any subsequent corrections cannot be guaranteed. Proofreading is solely your responsibility. Note that Elsevier may proceed with the publication of your article if no response is received.

### ***Offprints***

The corresponding author, at no cost, will be provided with a PDF file of the article via e-mail (the PDF file is a watermarked version of the published article and includes a cover sheet with the journal cover image and a disclaimer outlining the terms and conditions of use). For an extra charge, paper offprints can be ordered via the offprint order form which is sent once the article is accepted for publication. Both corresponding and co-authors may order offprints at any time via Elsevier's WebShop (<http://webshop.elsevier.com/myarticleservices/offprints>). Authors requiring printed copies of multiple articles may use Elsevier WebShop's 'Create Your Own Book' service to collate multiple articles within a single cover (<http://webshop.elsevier.com/myarticleservices/offprints/myarticlesservices/booklets>).

### **AUTHOR INQUIRIES**

For inquiries relating to the submission of articles (including electronic submission) please visit this journal's homepage. For detailed instructions on the preparation of electronic artwork, please visit <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>. Contact details for questions arising after acceptance of an article, especially those relating to proofs, will be provided by the publisher. You can track accepted articles at <http://www.elsevier.com/trackarticle>. You can also check our Author FAQs at <http://www.elsevier.com/authorFAQ> and/or contact Customer Support via <http://support.elsevier.com>.

© Copyright 2012 Elsevier | <http://www.elsevier.com>