



(86) Date de dépôt PCT/PCT Filing Date: 2004/06/01
(87) Date publication PCT/PCT Publication Date: 2004/12/09
(85) Entrée phase nationale/National Entry: 2005/11/25
(86) N° demande PCT/PCT Application No.: FR 2004/001351
(87) N° publication PCT/PCT Publication No.: 2004/105744
(30) Priorité/Priority: 2003/05/30 (03/06581) FR

(51) Cl.Int./Int.Cl. *A61K 31/137* (2006.01),
A61P 25/00 (2006.01), *A61K 45/06* (2006.01),
A61K 31/165 (2006.01), *A61K 31/138* (2006.01),
A61K 33/26 (2006.01), *A61K 31/4458* (2006.01),
A61K 31/295 (2006.01), *A61K 31/198* (2006.01)
(71) Demandeur/Applicant:
ASSISTANCE PUBLIQUE-HOPITAUX DE PARIS, FR
(72) Inventeur/Inventor:
KONOFAL, ERIC, FR
(74) Agent: ROBIC

(54) Titre : UTILISATION DU FER POUR LE TRAITEMENT DU TROUBLE DU DEFICIT DE L'ATTENTION/HYPER-
ACTIVITE CHEZ LES ENFANTS
(54) Title: USE OF IRON FOR TREATING ATTENTION DEFICIT HYPERACTIVITY DISORDER IN CHILDREN

(57) **Abrégé/Abstract:**

L'invention concerne l'utilisation du fer pour la préparation d'un médicament destiné au traitement préventif et/ou curatif du trouble du déficit de l'attention/hyperactivité (TDAH) ou d'au moins un de ces symptômes, chez un patient nécessitant un tel traitement.

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international(43) Date de la publication internationale
9 décembre 2004 (09.12.2004)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2004/105744 A1(51) Classification internationale des brevets⁷ :A61K 31/137, 31/138, 31/165, 31/198,
31/295, 33/26, 31/4458, 45/06, A61P 25/00AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO,
CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB,
GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG,
KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG,
MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH,
PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN,
TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(21) Numéro de la demande internationale :

PCT/FR2004/001351

(22) Date de dépôt international : 1 juin 2004 (01.06.2004)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :

03/06581 30 mai 2003 (30.05.2003) FR

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre
de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH,
GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM,
ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM),
européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI,
FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI,
SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ,
GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : ASSIS-
TANCE PUBLIQUE - HOPITAUX DE PARIS [FR/FR];
3, avenue Victoria, F-75004 Paris (FR).

Déclaration en vertu de la règle 4.17 :

— relative à la qualité d'inventeur (règle 4.17.iv)) pour US
seulement

(72) Inventeur; et

(75) Inventeur/Déposant (pour US seulement) : KONOVAL,
Eric [FR/FR]; 53bis, avenue de la Motte-Piquet, F-750015
Paris (FR).

Publiée :

— avec rapport de recherche internationale
— avant l'expiration du délai prévu pour la modification des
revendications, sera republiée si des modifications sont re-
çues(74) Mandataires : MARTIN, Jean-Jacques etc.; Cabinet
Regimbeau, 20, rue de Chazelles, F-75847 Paris Cedex 17
(FR).(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de
protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AT,En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abrégia-
tions, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et
abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de
la Gazette du PCT.

(54) Title: USE OF IRON FOR TREATING ATTENTION DEFICIT HYPERACTIVITY DISORDER IN CHILDREN

(54) Titre : UTILISATION DU FER POUR LE TRAITEMENT DU TROUBLE DU DEFICIT DE L'ATTENTION/HYPER-AC-
TIVITE CHEZ LES ENFANTS(57) Abstract: The invention relates to the use of iron for preparing a medicament for the preventive and/or curative treatment of
attention deficit hyperactivity disorder (ADHD) or at least one of the symptoms thereof, for a patient requiring such treatment.(57) Abrégé : L'invention concerne l'utilisation du fer pour la préparation d'un médicament destiné au traitement préventif et/ou
curatif du trouble du déficit de l'attention/hyperactivité (TDAH) ou d'au moins un de ces symptômes, chez un patient nécessitant un
tel traitement.

WO 2004/105744 A1

UTILISATION DU FER POUR LE TRAITEMENT DU TROUBLE DU DEFICIT DE
L'ATTENTION/HYPER-ACTIVITE CHEZ LES ENFANTS

La présente invention concerne le domaine de la santé
5 humaine et plus particulièrement le traitement du trouble
"déficit de l'attention/hyper-activité". Plus particulièrement,
la présente invention concerne l'utilisation du fer ou l'un de
ses sels pharmaceutiquement acceptables, seul ou en association
avec un ou plusieurs composés psycho-stimulants, pour la
10 préparation d'un médicament destiné au traitement de la TDAH et
des symptômes associés.

Le trouble "déficit de l'attention/hyper-activité" de
l'enfant (TDAH) est un trouble comportemental qui constitue le
premier motif de consultation en psychologie de l'enfant et de
15 l'adolescent. Ce syndrome très répandu affecte 6 à 10 % des
enfants d'âge scolaire.

Sur le plan clinique, ce trouble associe une inattention,
une impulsivité et une hyperactivité motrice inadaptée à
l'environnement de l'enfant. Mal organisés et étourdis, ces
20 enfants finissent parfois par ne plus suivre en classe.
L'agitation motrice excessive, incompatible avec les relations
sociales et pouvant parfois même conduire à une déscolarisation
prématurée, est probablement le symptôme qui amènera les parents
à consulter un spécialiste.

25 La physiopathologie de ce trouble reste encore aujourd'hui
discutée bien que, pour un bon nombre d'auteurs, l'hypothèse
d'une implication des systèmes dopaminergiques et
noradrénergiques semble validée [Spencer et al., Pharmacotherapy
of attention deficit hyperactivity disorder. Child Adolesc
30 Psychiatr Clin N Am. 2000; 9(1):77-97]. Ce dysfonctionnement de
la neurotransmission dopaminergique semble être impliquée dans
les symptômes d'hyperactivité motrice excessive caractéristique
du TDAH de l'enfant. De fait, l'amélioration de l'hyperactivité

motrice par les psychostimulants dopaminergiques est souvent très significative mais néanmoins insuffisante.

Les insomnies, les difficultés d'endormissement, les réveils au cours de la nuit, éventuellement dus à une agitation motrice nocturne excessive, ainsi que les troubles attentionnels, tels que l'inattention, l'impatience et l'impulsivité semblent échapper à toute forme de traitement [Chervin et al., Associations between symptoms of inattention, hyperactivity, restless legs, and periodic leg movements. Sleep 2002 15;25(2):213-8; Gruber et al., instability of sleep patterns in children with attention-deficit/hyperactivity disorder. J Am Acad Child Adolesc Psychiatry. 2000;39(4):495-501].

Il existe donc un réel besoin de développer de nouveaux traitements du TDAH qui permettent d'obtenir des résultats supérieurs à ceux obtenus avec les traitements actuels à base de psycho-stimulants et notamment de pouvoir traiter les symptômes qui échappent aux traitements actuels. C'est le but de la présente invention.

De manière tout à fait fortuite, l'inventeur a maintenant observé une ferritinémie anormalement basse chez les enfants atteints de TDAH. L'inventeur a en outre démontré une corrélation entre la sévérité des symptômes et la ferritinémie. La présente invention se propose donc de fournir un traitement préventif et curatif du TDAH par la correction de l'hypo-ferritinémie observée chez ces patients.

Par le passé, différentes études ont été menées qui ont conduit à étudier l'implication du fer dans le TDAH. A l'origine de ces études est la constatation que des enfants atteints de TDAH ont une concentration basse en certains oligoéléments, dont le fer (Pour revue voir : Brue and Oakland, 2002 Alternatives Therapies 8 :68-73). Ainsi, en 1994, Kozielec et al. (Psychiatr.pol. 28 : 345-353) ont recherché un déficit en oligoéléments (magnésium, zinc, cuivre, calcium, fer) dans le

TDAH. Les auteurs n'ont pas fait de lien entre le fer et le TDAH, et à l'inverse, la magnésémie retrouvée chez les enfants étudiés suggère aux auteurs d'évoquer l'intérêt d'une supplémentation en magnésium dans le TDAH. L'existence d'une motricité nocturne excessive a conduit Sever et al. (1997, Neuropsychobiology 35 :178-180) à étudier l'implication du fer dans le TDAH d'enfants non anémiés. Cette étude, qui reste la seule étude s'étant intéressée à montrer l'intérêt de traiter empiriquement des enfants présentant un TDAH, n'évoque pas dans ses résultats ni dans ses perspectives le rôle de la ferritine dans la physiopathologie du trouble. Les résultats obtenus ne montrent pas de rapport entre la sévérité des symptômes et la carence martiale. Les auteurs ont d'ailleurs conclu que le déficit en fer ne joue pas un rôle dans la physiopathologie du TDAH et qu'un traitement oral par le fer des enfants affectés de TDAH n'est pas recommandé. Finalement, ces résultats inconsistants et parfois contradictoires obtenus par les chercheurs et les médecins les ont conduit à privilégier d'autres approches thérapeutiques du TDAH qui ont cours actuellement, à base notamment de psycho-stimulants dopaminergiques.

La présente invention a donc pour objet l'utilisation du fer, ou l'un de ses sels pharmaceutiquement acceptables, pour la préparation d'un médicament destiné au traitement préventif et/ou curatif du trouble du déficit de l'attention/hyperactivité (TDAH) ou d'au moins un de ces symptômes chez un patient nécessitant un tel traitement. La ferritine est une protéine de stockage du fer (Connor et al., Pediatric Neurology 25 : p123-124).

Dans le cadre de la présente invention, le diagnostic de Trouble Déficit de l'Attention/Hyperactivité (TDAH) est fondé selon les caractéristiques cliniques définies par la classification internationale, le Manuel Diagnostique et

Statistique des troubles mentaux, DSM-IV (Diagnostic and Statistical Manual of mental disorders, 4^{ème} ed., 1994).

Les critères du DSM-IV incluent trois dimensions (inattention, impulsivité et hyperactivité), une efficacité intellectuelle normale (QI>80), mais n'incluent aucune pathologie organique, ni neurologique.

Dans le cas de la présente invention, le patient est donc un enfant avec un QI>80, d'âge compris entre 5 et 12 ans, et présentant une carence martiale isolée mais non anémié, c'est-à-dire présentant un taux d'hémoglobine normal. Par l'expression "carence martiale", on entend une hypoferritinémie sans modification significative de la concentration sérique en récepteurs solubles de la transferrine.

Au sens de la présente invention, on entend par « fer », le fer sous la forme d'un atome de fer, de sel de fer, ou de fer organique, ou de toute formulation contenant du fer qui soit pharmaceutiquement acceptable. A titre de liste non exhaustive, le sel de fer pharmaceutiquement acceptable est sélectionné parmi les sels ferreux et les sels ferriques, de préférence parmi l'ammonium citrate ferrique, le pyrophosphate ferrique, le ferrocholate, l'ascorbate ferreux, l'aspartate ferreux, le chlorure ferreux, le sulfate ferreux, le tartrate ferreux, le fumarate ferreux, le gluconate ferreux, le gluceptate ferreux, le sulfate de glycine ferreux, le lactate ferreux, l'oxalate ferreux, le succinate ferreux. Selon un mode préféré de l'invention, le sel de fer est le sulfate ferreux, et de préférence du sulfate ferreux gastro-protégé telle la spécialité "Tardyféron" des Laboratoires Pierre Fabre Médicament. Alternativement, le fer pharmaceutiquement acceptable est sous la forme de fer dextran, de fer sucrose, de fer poly-maltose, de fer sorbitol. Lorsque le fer est sous la forme de fer organique pharmaceutiquement acceptable, il s'agit de préférence de bi-glycinate de fer, de glycinate de fer ou de fer protéine succinylate.

La nature du sel administré au patient dépend de la voie d'administration retenue qui pourra être indifféremment la voie orale, anale, parentérale, intraveineuse, intramusculaire. De préférence, il s'agit de la voie orale.

5 Par "symptômes du TDAH", on entend désigner notamment les troubles attentionnels tels l'inattention, l'impulsivité, l'impatience, les troubles oppositionnels, mais également l'hyperactivité motrice diurne ou nocturne, et les insomnies. Par insomnie on entend désigner :

10

a. l'insomnie par endormissement qui se caractérise par des difficultés à s'endormir ;

15

b. l'insomnie de maintenance qui se caractérise par une hyperactivité motrice nocturne et des réveils en cours de nuit, et ;

c. l'insomnie psychopathologique généralement chronique et généralement liée à une anxiété, au stress et à des épisodes dépressifs.

20

Selon un mode préféré de réalisation, l'utilisation du fer ou de l'un de ses sels pharmaceutiquement acceptables selon l'invention est réalisée en association avec au moins un composé sélectionné parmi les psycho-stimulants, comme produit de combinaison pour une utilisation simultanée, séparée ou échelonnée dans le temps.

25

Par composés psycho-stimulants, on entend désigner les inhibiteurs de la recapture de la dopamine et/ou de la noradrénaline. Parmi ceux-ci, il convient de citer à titre non exhaustif la L-Dopa, la Dopamine, les agonistes de la L-dopa, les agonistes de la dopamine, la rotaline. Plus
30 particulièrement, les composés psychostimulants sont choisis parmi le méthylphénidate (spécialité Ritaline), le modafinil, l'atomoxétine, et les amphétamines, telles que la d-amphétamine, la dexédrine, la dexamphétamine.

La présente invention concerne également l'utilisation du fer, ou l'un de ses sels pharmaceutiquement acceptables en association avec au moins un composé sélectionné parmi les psycho-stimulants, notamment les inhibiteurs de la recapture de la dopamine et/ou de la noradrénaline, comme produit de combinaison pour une utilisation simultanée, séparée ou échelonnée dans le temps, pour la préparation d'un médicament destiné au traitement préventif et/ou curatif d'une pathologie sélectionnée parmi le TDAH ou au moins un des symptômes du TDAH tels que l'hyperactivité motrice nocturne et/ou diurne. La composition pharmaceutique comprenant cette association et des excipients pharmaceutiquement acceptables fait également partie de l'invention.

Dans le cadre de la présente invention, La posologie martiale correspond à une prise journalière de sulfate ferreux comprise entre 0.1 mg et 10 g et de préférence comprise entre 10 mg et 2 g par jour, et plus particulièrement, d'au moins 50 mg, au moins 150 mg, d'au moins 200 mg, d'au moins 250 mg, d'au moins 300 mg, d'au moins 350 mg, d'au moins 400 mg, d'au moins 450 mg, d'au moins 500 mg, d'au moins 550 mg, d'au moins 600 mg, d'au moins 700 mg, d'au moins 800 mg, d'au moins 900 mg, d'au moins 1 g par jour, de préférence comprise entre 400 mg et 750 mg par jour, de préférence environ 500 mg, en une ou plusieurs prises quotidiennes.

Le patient selon l'invention est choisi parmi un nouveau-né, un enfant, un adolescent, un adulte. Selon un mode préféré de réalisation, il s'agit d'un enfant d'âge environ 5 à 12 ans, et/ou d'un adolescent. Le patient selon l'invention est affecté d'une carence martiale mais est non anémié, c'est-à-dire qu'il ne présente pas de baisse du taux d'hémoglobine. Par l'expression "carence martiale", on entend une hypoferritinémie sans modification significative de la concentration sérique en récepteurs solubles de la transferrine. La carence en ferritine

peut être mesurée dans le sérum, mais également dans tout autres liquides biologiques tels que le liquide céphalo-rachidien.

Une carence en ferritine correspond à une concentration sérique en ferritine du patient adulte inférieure à environ 50 $\mu\text{g/litre}$. Cette hypoférritinémie peut atteindre des concentrations en ferritine inférieures à environ 40 $\mu\text{g/l}$, voire inférieures à environ 35 $\mu\text{g/l}$, inférieures à environ 30 $\mu\text{g/l}$, inférieures à environ 20 $\mu\text{g/l}$, inférieures à environ 15 $\mu\text{g/l}$, voire même inférieures à environ 10 $\mu\text{g/l}$. Les techniques de dosage de la ferritine sérique sont bien connues de l'homme de l'art. On peut citer la méthode immunoenzymatique (Kit IMX ferritine, Abott Laboratories).

Le patient selon l'invention présente en outre une concentration sérique normale de récepteurs solubles à la transferrine. La transferrine est impliquée dans l'acquisition du fer par les cellules de l'organisme ; cette acquisition est contrôlée par le nombre de récepteurs à la transferrine existant à la surface cellulaire. La concentration de ces récepteurs peut être évalués par des techniques connues de l'homme de l'art telles que la néphélémétrie (Ruivard et al., 2000 Rev. Méd. Interne 21 : 837-843). Une fourchette de concentration normale des récepteurs solubles à la transferrine est de 2,0-4,50 mg/l pour les hommes et de 1,80-4,70 mg/l pour les femmes (voir Kit RSTF Ref.2148315 de Roche).

Le rôle du fer au niveau du système nerveux central est souvent rapporté en neurophysiopathologie fondamentale comme clinique. Une asthénie fonctionnelle, intellectuelle, un syndrome de fatigue chronique, ou à l'inverse une instabilité psychomotrice et une irritabilité peuvent être la conséquence d'une carence martiale (Lozoff, 1989 Adv Pediatr 1989; 6: 331-59). Le rôle du fer dans la physiopathologie de maladies neurologiques, et notamment dans la Maladie de Parkinson Idiopathique est connu depuis plus de trente ans. L'évidence d'une augmentation martiale notamment dans certaines structures

cérébrales (p.e. noyau denté) dans des pathologies neurodégénératives rares (p.e. ataxie de Friedreich) est également connue. Plus récemment, le rôle des récepteurs de la transferrine dans certains processus neurophysiopathologiques vient d'être documenté (Marder K, et al. 1998 Neurology 50, 4:1138-40). Une augmentation en nombre des récepteurs de la transferrine des cellules de l'endothélium des capillaires cérébraux pourrait être responsable de l'accumulation cytoplasmique du fer dans les cellules des neurones des ganglions de la base (globus pallidus, substantia nigra, noyau rouge, et noyau denté). Un dysfonctionnement des récepteurs de la transferrine par hyperplasie (augmentation du nombre des récepteurs) au niveau central expliquerait l'accumulation du fer dans certaines structures impliquées dans les phénomènes de neurodégénérescence. A contrario, une diminution de ces récepteurs contribuerait à protéger les noyaux centraux du phénomène. Dans l'hypothèse d'une diminution de la ferritine plasmatique dans la physiopathologie du TDAH, une augmentation physiologique des récepteurs de la transferrine devrait se produire, comme elle se produit normalement en cas d'anémie, afin de ne pas mettre les structures cérébrales en carence martiale. Par contre, une absence de réponse (absence d'augmentation du nombre des récepteurs de la transferrine) conduirait une diminution martiale cérébrale et serait compatible avec un dysfonctionnement dopaminergique par baisse de sa synthèse et/ou de la stimulation des récepteurs dopaminergiques. La présente invention concerne donc également l'utilisation du fer ou l'un de ses sels pharmaceutiquement acceptables pour le traitement préventif de patient nouveau-né, enfant, adolescent, jeune adulte amené à développer à l'âge adulte une pathologie neuro-dégénérative caractérisée en ce que le dit patient nouveau-né, enfant, adolescent, jeune adulte présente au moins les symptômes suivants :

- une carence en ferritine, de sorte que la concentration sérique en ferritine est inférieure à 50 $\mu\text{g/l}$,

- une concentration sérique normale des récepteurs solubles à transferrine,

5 - un trouble du déficit de l'attention/hyperactivité, ou au moins un de ces symptômes.

De préférence ledit patient est un enfant avec un $\text{QI} > 80$, d'âge compris entre environ 5 et 12 ans et non anémié.

De préférence la dite pathologie neurodégénérative est la
10 maladie de Parkinson, les ataxies cérébelleuses, l'ataxie de Friedrich, la maladie d'alzheimer, la chorée de Huntington, la sclérose latérale amyotrophique. Plus particulièrement, il s'agit de la maladie de Parkinson.

Egalement, la présente invention concerne également tout
15 procédé ou kit de diagnostic utilisant la ferritine et/ou le fer et les récepteurs solubles à la transferrine comme marqueur de sévérité du TDAH. C'est la raison pour laquelle, l'invention fournit également un procédé in vitro de pronostic et/ou
20 diagnostique du trouble du déficit de l'attention/ hyperactivité comprenant l'étape d'évaluer quantitativement chez un patient suspecté d'être affecté par le dit trouble, la concentration sérique de ferritine et la concentration en récepteur soluble de la transferrine, de sorte qu'une concentration en ferritine
25 sérique inférieure à 50 $\mu\text{g/l}$ et une concentration normale physiologique des récepteurs solubles à la transferrine indique que le patient est ou sera affecté du dit trouble. Le kit de diagnostic correspondant est également l'objet de la présente invention.

Enfin l'invention vise à protéger une source de fer seule
30 ou en association avec au moins un psychostimulant, de préférence la ritaline, comme médicament ou comme principes actifs d'une composition pharmaceutique comprenant des excipients pharmaceutiquement acceptables, pour le traitement préventif et/ou curatif du TDAH ou l'un de ses symptômes.

D'autres caractéristiques, buts et avantages de l'invention ressortiront des exemples qui suivent. L'invention ne se trouve pas limitée aux exemples particuliers mentionnés à simple titre illustratif et qui doivent être lus en regard de la figure
5 suivante :

Figure 1 :

Les valeurs de ferritine (normale = $34\mu\text{g/L}$) sont inversement corrélées ($p < 0.01$) à la sévérité des symptômes du TDAH exprimée par le Conners Parents (normale < 50).

10 EXEMPLES

1. Méthode

Quarante-trois enfants, 36 garçons et 7 filles, d'un âge moyen de $9,2 \pm 2,2$ ans, ont participé à cette étude prospective. Leurs caractéristiques cliniques correspondaient aux critères du
15 TDAH du Manuel diagnostique et statistique des troubles mentaux (Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders) (4ème édition, APA, 1994). Ces TDAH ont été confirmés par un entretien structuré (anamnèse). Les enfants ne souffraient
20 d'aucune déficience physique, ni de malnutrition, ni de maladies mentales ($QI > 80$) ou organiques et n'étaient sous aucun traitement incluant une supplémentation en fer ou des psycho-stimulants, ceci pour une durée d'au moins 2 mois avant l'étude.

La gravité des symptômes a été évaluée à l'aide de l'échelle d'évaluation de Conners (questionnaire à l'usage des
25 parents), y compris pour les sous-échelles d'évaluation des capacités cognitives et du trouble oppositionnel. La ferritinémie a été mesurée, ainsi que le taux d'hémoglobine, l'hématocrite et le fer sérique par les méthodes classiques (Tests Elecsys, immuno-enzymologie). Les valeurs moyennes de la
30 ferritine ont été classées en trois groupes : normal ($> 34 \mu\text{g/L}$), sub-normale ($> 15 \mu\text{g/L}$) et anormal ($< 15 \mu\text{g/L}$).

2. Résultats

Le résultat moyen de tous les patients (61 ± 13) soumis au questionnaire de Conners à l'usage des parents a révélé de

graves TDAH. Ce résultat a été identique chez les filles (63±8) et chez les garçons (60±14). Le fer sérique (moyenne du groupe : 84±36 µg/100 ml), les taux d'hémoglobine et d'hématocrite étaient normales. La valeur moyenne de la ferritinémie était basse (25±12 µg/L) et notamment pathologique chez 33 sur 43 enfants présentant un TDAH (77%). Elle était identique chez les garçons (26±13 µg/L) et chez les filles (19±8 µg/L) et il n'y avait pas de relation avec l'âge.

Les relations entre les caractéristiques cliniques et biologiques des patients, en fonction de leur ferritinémie (anormale, sub-normale et normale) sont reportées dans le tableau 1. Les enfants ayant une ferritine anormale présentaient des symptômes cliniques plus graves pour le TDAH que les enfants ayant une ferritine normale (p< 0.01).

D'autre part, il y avait une corrélation négative entre le questionnaire de Connors à usage des parents et les valeurs de la ferritine (r= -0,41 p= 0,01). Il n'y avait pas de corrélation entre les scores du questionnaire de Connors à usage des parents pour les symptômes d'hyperactivité, de trouble cognitif et de trouble oppositionnel, et les valeurs de la ferritine.

Tableau 1: Caractéristiques cliniques et biologiques dans les différents groupes d'enfants présentant TDAH.

Caractéristiques des patients	Valeurs moyennes de la ferritine		
	Basse (<15µg/L)	Sub normale (>15µg/L)	Normale (>34µg/L)
Nombre	11	22	10
Age	9.1±2.5 ans	9.6±2.1 ans	8.7±2.2 ans
Sexe (M/F)	8/3	18/4	10/0
Score de Connors parental			
- Total	66±13*	63±11*	52±14*
- Score "hyperactivité"	19±4	19±4	17±4
- score "trouble"			

cognitif"	10 ₊₄	9 ₊₄	8 ₊₅
- score "trouble oppositionnel"	8 ₊₃	9 ₊₂	7 ₊₂
Fer sérique ($\mu\text{g}/100 \text{ ml}$)	86 ₊₂₇	81 ₊₄₀	92 ₊₄₄
Ferritine ($\mu\text{g}/\text{L}$)	13 ₊₂	23 ₊₅	43 ₊₁₁

Les données sont indiquées en : moyenne \pm déviation standard

* $p < 0.015$, différence statistiquement significative par rapport aux enfants avec une ferritinémie normale.

L'inventeur a mis en évidence qu'une ferritinémie basse correspond à des réserves en fer basses chez les enfants souffrant de TDAH. Le point de rupture de la carence en fer chez l'enfant (entre 5 et 12 ans) est un taux de ferritine sérique supérieur à $15 \mu\text{g}/\text{L}$, et touche 3 % d'entre eux. En revanche, dans notre étude, 23% des TDAH ont révélé des carences en fer sévères sans anémie. De plus, il apparaît que les valeurs de la ferritine étaient inversement corrélées à la sévérité des symptômes exprimée par le questionnaire de Connors Parents. Ceci laisse supposer qu'il existe un rapport entre les réserves en fer (ferritine) et les symptômes du TDAH.

Il semble donc important d'instaurer le contrôle des réserves en fer de l'organisme (ferritinémie) de façon systématique en consultation spécialisée du TDAH. La recherche d'une carence martiale dans le TDAH et sa prise en charge thérapeutique devraient en effet précéder l'administration d'un psycho-stimulant.

REVENDICATIONS

1 - Utilisation du fer pour la préparation d'un médicament destiné au traitement préventif et/ou curatif du trouble du déficit de l'attention/hyperactivité (TDAH) ou d'au moins un de ces symptômes, chez un patient nécessitant un tel traitement.

2 - Utilisation selon la revendication 1 caractérisée en ce que le dit patient est choisi parmi un nouveau-né, un enfant, un adolescent, un adulte.

10

3 - Utilisation selon la revendication 2, caractérisée en ce que ledit patient est un enfant présentant une carence martiale isolée mais non anémié.

15

4 - Utilisation selon l'une quelconque des revendications 1 à 3 caractérisée en ce que le fer est sous la forme d'un atome de fer, de sel de fer ou de fer organique, pharmaceutiquement acceptables.

20

5 - Utilisation selon la revendication 4 caractérisée en ce que le sel de fer pharmaceutiquement acceptable est sélectionné parmi les sels ferreux et les sels ferriques, de préférence parmi l'ammonium citrate ferrique, le pyrophosphate ferrique, la ferritine, le ferrocholate, l'ascorbate ferreux, l'aspartate ferreux, le chlorure ferreux, le sulfate ferreux, le tartrate ferreux, le fumarate ferreux, le gluconate ferreux, le gluceptate ferreux, le sulfate de glycine ferreux, le lactate ferreux, l'oxalate ferreux, le succinate ferreux .

25

6 - Utilisation selon la revendication 5 caractérisé en ce que le sel de fer est le sulfate ferreux.

7- Utilisation selon la revendication 4 caractérisée en ce que le fer pharmaceutiquement acceptable est sous la forme de

fer dextran, de fer sucrose, de fer polymaltose, de fer sorbitol.

8- Utilisation selon la revendication 4 caractérisée en ce que le fer organique pharmaceutiquement acceptable est sous la forme de bi-glycinate de fer, de glycinate de fer ou de fer protéine succinylate.

9- Utilisation selon l'une quelconques des revendications précédentes caractérisée en ce que le médicament est formulé pour permettre l'administration du fer par voie orale, anale, parentérale, intra-musculaire ou intraveineuse.

10 - Utilisation selon les revendications 1 à 9 caractérisée en ce que les symptômes sont sélectionnés parmi l'inattention, l'impulsivité, l'impatience, l'hyperactivité motrice diurne ou nocturne, l'insomnie, le syndrome des jambes sans repos.

11 - Utilisation selon l'une quelconque des revendications 1 à 10 en association avec au moins un composé sélectionné parmi les psycho-stimulants, notamment les inhibiteurs de la recapture de la dopamine et/ou de la noradrénaline comme produit de combinaison pour une utilisation simultanée, séparée ou échelonnée dans le temps.

12 - Utilisation selon la revendication 11 caractérisée en ce que le dit composé est choisi parmi le méthylphénidate, le modafinil, l'atomoxétine, et les amphétamines, notamment la d-amphétamine, la dexédrine, la dexamphétamine, la L-Dopa, la Dopamine, les agonistes de la L-dopa, les agonistes de la dopamine, la rotaline.

13- Utilisation du fer en association avec au moins un composé sélectionné parmi les psycho-stimulants, notamment les inhibiteurs de la recapture de la dopamine et/ou de la noradrénaline, comme produit de combinaison pour une utilisation
5 simultanée, séparée ou échelonnée dans le temps, pour la préparation d'un médicament destiné au traitement préventif et/ou curatif d'une pathologie sélectionnée parmi l'hyperactivité motrice nocturne et/ou diurne et le syndrome des jambes sans repos.

10

14- Utilisation selon les revendications 1 à 13 caractérisée en ce que la posologie martiale correspond à une prise journalière de sulfate ferreux comprise entre 0.1 mg et 10 g, de préférence comprise entre 100 mg et 2 g par jour, de
15 préférence environ 500 mg, en une ou plusieurs prises.

15 - Utilisation selon l'une quelconque des revendications 1 à 14 caractérisée en ce que le dit patient est affecté d'une carence en ferritine, la dite concentration sérique en ferritine
20 du dit patient étant inférieure à 50 $\mu\text{g/litre}$, inférieure à environ 40 $\mu\text{g/l}$, inférieure à environ 35 $\mu\text{g/l}$, inférieure à environ 30 $\mu\text{g/l}$, inférieure à environ 20 $\mu\text{g/l}$, , inférieure à environ 15 $\mu\text{g/l}$, inférieure à environ 10 $\mu\text{g/l}$, inférieure à environ 5 $\mu\text{g/l}$.

25

16 - Utilisation selon la revendication 15 caractérisée en ce que le dit patient présente en outre une concentration sérique normale de récepteurs solubles à la transferrine.

30

17 - Utilisation selon l'une quelconque des revendications précédentes pour le traitement préventif de patient nouveau-né, adolescent, jeune adulte amené à développer à l'âge adulte une pathologie neuro-dégénérative caractérisée en ce que le dit

patient nouveau-né, adolescent, jeune adulte présente au moins les symptômes suivants :

- une carence en ferritine, de sorte que la concentration sérique en ferritine est inférieure à 50 $\mu\text{g/l}$,
- 5 - une concentration sérique normale des récepteurs solubles à transferrine
- un trouble du déficit de l'attention/hyperactivité, ou au moins un de ces symptômes.

10 18- Utilisation selon la revendication 17 caractérisée en ce que la dite pathologie neurodégénérative est la maladie de Parkinson.

15 19- Procédé in vitro de pronostic et/ou diagnostic du trouble du déficit de l'attention/ hyperactivité comprenant l'étape d'évaluer quantitativement chez un patient suspecté d'être affecté par le dit trouble, la concentration sérique de ferritine et la concentration en récepteur soluble de la transferrine, de sorte qu'une concentration en ferritine sérique
20 inférieure à 50 $\mu\text{g/l}$ et une concentration normale physiologique des récepteurs solubles à la transferrine indique que le patient est ou sera affecté du dit trouble.

25 20- Utilisation de la ferritine et/ou des récepteurs solubles à la transferrine comme marqueur de sévérité du TDAH.

30 21- Composition pharmaceutique comprenant des excipients pharmaceutiquement acceptables, du fer ou un de ses sels pharmaceutiquement acceptables, et au moins un psychostimulant, de préférence la ritaline, pour le traitement préventif et/ou curatif du TDAH ou l'un de ses symptômes.

1 / 1

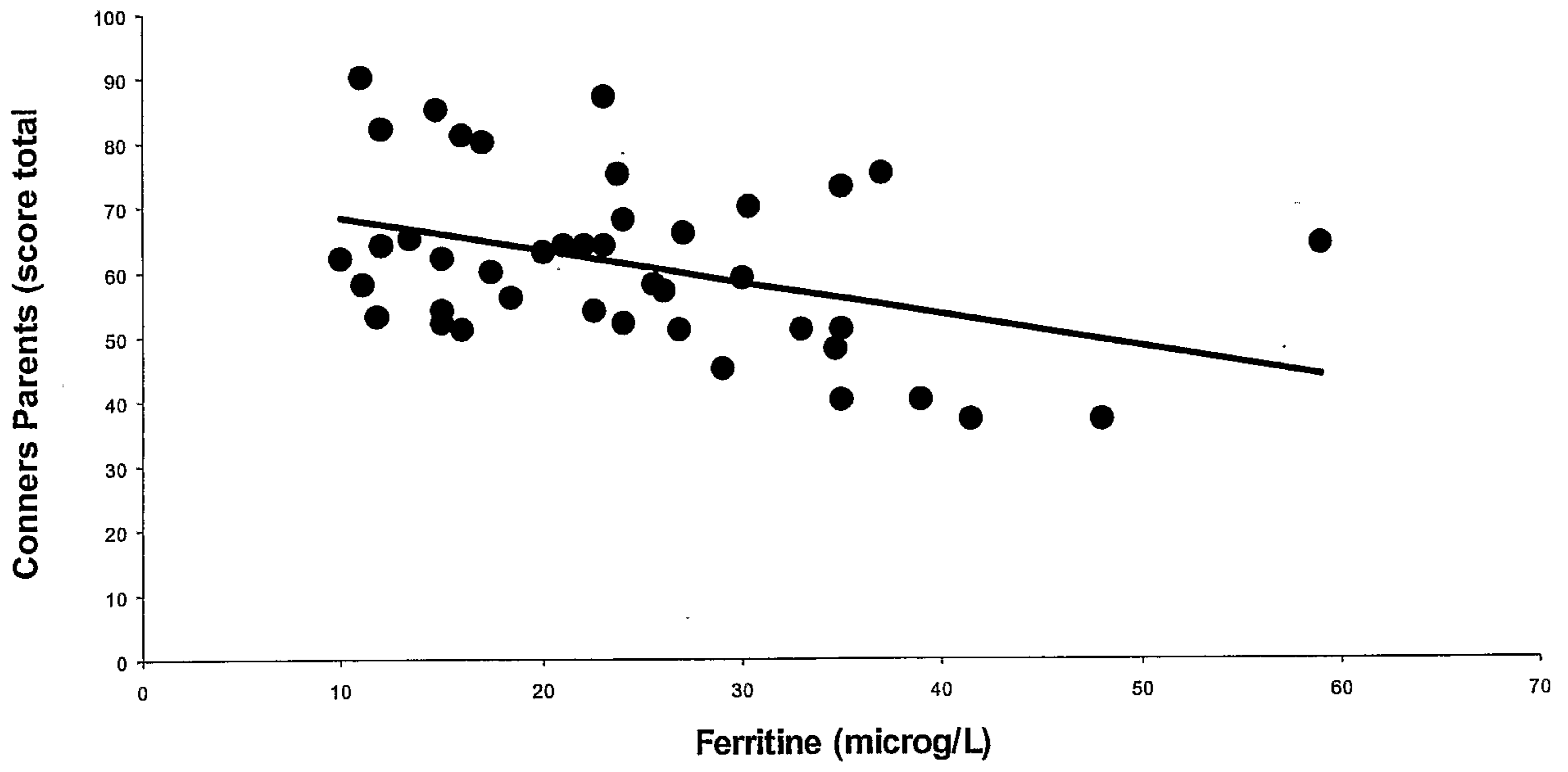


FIGURE 1