

Université de Montréal

**Approche cognitive des apraxies gestuelles consécutives
à des atteintes cérébrales focales ou diffuses**

par
Catherine Dumont

Département de Psychologie
Faculté des Arts et des Sciences

Thèse présentée à la Faculté des études supérieures
en vue de l'obtention du grade de
Philosophiæ Doctor (Ph.D.) en Psychologie

Mai 1999

© Catherine Dumont, 1999



BF
22
U54
2000
v. 008

Université de Montréal

Approche cognitive des aptitudes gestuelles consécutives
à des atteintes cérébrales focales ou diffuses

par
Catherine Dumont

Département de psychologie
Faculté des Arts et des Sciences

Thèse présentée à la Faculté des études supérieures
en vue de l'obtention du grade de
Philosophie Doctor (Ph.D.) en psychologie

Mai 1994

© Catherine Dumont, 1994



Université de Montréal
Faculté des études supérieures

Cette thèse intitulée:

Approche cognitive des apraxies gestuelles consécutives
à des atteintes cérébrales focales ou diffuses

présentée par
Catherine Dumont

a été évaluée par un jury composé des personnes suivantes:

Maryse Lassonde présidente du jury
Bernadette Ska directrice de recherche
Yves Joanette codirecteur de recherche
Isabelle Peretz membre du jury
Howard Cherkow examinateur externe
Christian Casanova représentant du doyen

Thèse acceptée le: 16 décembre 1999

Sommaire

Peu d'études neuropsychologiques se sont intéressées aux mécanismes cognitifs responsables des apraxies gestuelles, malgré la fréquence élevée de ces troubles chez les individus cérébrolésés. Le but de la présente thèse est de caractériser les apraxies gestuelles consécutives à différentes atteintes cérébrales selon le modèle cognitif du traitement des praxies de Rothi et al. (1991).

La première partie de ce travail (Article n°1) porte sur l'étude longitudinale d'un sujet apraxique porteur d'une lésion hémisphérique gauche. Ses performances à des tâches de reconnaissance des gestes, de connaissance des actions et d'exécution de gestes permettent de documenter les processus praxiques atteints. Les résultats révèlent une dissociation inhabituelle entre un déficit dans l'exécution des gestes d'utilisation dans toutes les modalités et un rendement préservé dans l'exécution des gestes symboliques et arbitraires. Toutefois, les représentations des gestes d'utilisation sont fonctionnelles au niveau de la reconnaissance des gestes d'utilisation et des connaissances des actions associées aux objets, mais ces représentations semblent partiellement isolées des systèmes responsables de leur programmation motrice. Ces résultats supportent l'hypothèse d'une organisation fonctionnelle du cerveau spécialisée dans le traitement des gestes d'utilisation d'objets (v.g. système pariétofrontal, «*How* »), telle que suggérée par des données neuropsychologiques et psychophysiologiques récentes. Cette conclusion est toutefois incompatible avec le modèle des praxies de Rothi et al. (1991)

qui limite à une voie de traitement unique la production de tous les types de gestes.

La deuxième partie de ce travail (Article n°2) s'intéresse à la caractérisation des mécanismes praxiques atteints dans la démence de type Alzheimer (DTA). Le deuxième article porte sur l'hypothèse d'une atteinte de la sémantique des actions dans la DTA, étant donnée l'atteinte précoce du système sémantique souvent décrite dans cette maladie. Les tâches utilisées évaluent les différentes connaissances des actions associées aux objets, ainsi que les connaissances sémantiques verbales (dénomination, compréhension, associations visuo-sémantique). Les résultats confirment une fréquence élevée d'atteinte du système conceptuel des actions ou d'apraxie conceptuelle dans la DTA. Un déficit des connaissances des actions est significativement corrélé avec un déficit de compréhension verbale et avec un déficit des connaissances sémantiques catégorielles et fonctionnelles des objets dans le groupe de sujets DTA. L'analyse des profils individuels révèle que la sévérité de l'apraxie conceptuelle est associée à la sévérité des troubles sémantiques verbaux et qu'aucun cas ne présente d'atteinte sélective de la sémantique des actions. Ces résultats ne supportent donc pas l'hypothèse d'un fractionnement d'une sémantique d'action au sein d'un système sémantique central.

Les deux études suivantes auprès de sujets DTA mettent en relief une corrélation significative entre la compréhension verbale et la capacité d'exécuter des gestes significatifs (article n° 3), ainsi qu'un trouble de la

compréhension des gestes significatifs (article n° 4). L'ensemble de ces résultats supporte une atteinte globale du système sémantique chez ces sujets qui serait responsable des troubles praxiques et verbaux observés. Ces études suggèrent qu'un déficit précoce du système sémantique affectant les connaissances fonctionnelles des objets serait impliqué dans les troubles d'utilisation d'objets (apraxie conceptuelle) observés chez les sujets souffrant de DTA.

Table des matières

Sommaire.....	iii
Liste des figures.....	viii
Liste des tableaux.....	ix
Liste des abréviations.....	x
Remerciements.....	xi
<u>Chapitre I: INTRODUCTION</u>	1
1. Les apraxies gestuelles.....	3
1.1 Le modèle classique de Liepmann.....	4
1.2 Le modèle cognitif du traitement des praxies.....	7
2. L'atteinte du système conceptuel ou l'apraxie conceptuelle.....	9
2.1 Les tâches utilisées comme mesure du système conceptuel.....	10
2.2 Les interprétations de l'apraxie conceptuelle.....	11
3. L'atteinte du système de production ou l'apraxie idéomotrice.....	13
3.1 Les tâches utilisées comme mesure du système de production.....	14
3.2 Les interprétations de l'apraxie idéomotrice.....	14
4. Les substrats neuroanatomiques des mécanismes praxiques.....	18
5. Les apraxies dans la démence de type Alzheimer.....	20
5.1 Les profils d'atteintes dans la DTA.....	21
5.2 Deux hypothèses explicatives de l'apraxie conceptuelle dans la DTA.....	23
6. Objectifs généraux de la thèse.....	27

<u>Chapitre II: SECTION EXPÉRIMENTALE</u>	29
ARTICLE N° 1: Selective impairment of transitive gestures: An unusual case of apraxia.....	30
ARTICLE N° 2: Conceptual apraxia and semantic memory deficit in Alzheimer's disease: Two sides of the same coin ?.....	76
ARTICLE N° 3: Limb apraxia and verbal comprehension in Alzheimer's disease....	114
ARTICLE N° 4: Pantomime recognition impairment in Alzheimer's disease.....	123
<u>Chapitre III: DISCUSSION GÉNÉRALE</u>	134
1. Caractérisation de l'apraxie gestelle à la suite d'une lésion focale	135
1.1 Interprétations des mécanismes cognitifs impliqués.....	136
2. Caractérisation des apraxies gestuelles dans la DTA.....	141
2.1 Interprétation des mécanismes cognitifs impliqués.....	143
3. Contributions théoriques au modèle cognitif du traitement des praxies gestuelles.....	147
4. Impact clinique pour l'évaluation et la remédiation des apraxies gestuelle.....	151
Références.....	155

Liste des figures

Introduction

Figure 1: Modèle de traitement des praxies selon Rothi et al. (1991)....	7
Figure 2: Adaptation du schéma explicatif de l'apraxie idéomotrice selon Heilman, Rothi et Valenstein (1982).....	16

Article 1

Figure 1: Computed tomography scan demonstrating left posterior parietal hemorrhagic infarction.....	39
Figure 2: Performance in pantomime of use.....	47
Figure 3: Performance in executing symbolic and meaningless gestures.....	47
Figure 4: Results of the Conceptual Apraxia Battery.....	59

Article 2

Figure 1: Results of the CHCN apraxia battery.....	97
Figure 2: Results of the pantomime of use task for AD patients.....	99

Article 4

Figure 1: Comprehension and production of pantomimes.....	129
Figure 2: Comprehension and production of symbolic gestures.....	130

Liste des tableaux

Article 1

Tableau 1: Preliminary Neuropsychological Assessment.....	42
Tableau 2: Relations between pantomime modalities and frequency of errors made by P.F. in 1994 and in 1996.....	49

Article 2

Tableau 1: Actions of the Multiple Object Test.....	91
Tableau 2: Results of the semantic tasks.....	92
Tableau 3: Results of the conceptual tasks for AD subjects.....	92

Liste des abréviations

AC:	Apraxie conceptuelle
AI:	Apraxie idéatoire
AIM:	Apraxie idéomotrice
AMS:	Aire motrice supplémentaire
AVC:	Accident vasculaire cérébral
DTA:	Démence de type Alzheimer
TEP:	Tomographie par émissions de positrons

Remerciements

À Bernadette Ska et à Yves Joannette pour m'avoir guidée sur le chemin de la recherche et m'avoir supportée à tous les niveaux de mon périple.

À mes collègues et amies, gros merci: Natacha, Sonia, Stéphane, Sven, Nathalie, Christian, Michelle, Nadia et Françoise. Merci spécial à Marc, Francine G. et à Marianne pour votre aide indispensable !

À tous mes collègues de Louis-H. Lafontaine, particulièrement à Christine Grou et à Deborah Black pour avoir eu confiance en moi comme clinicienne et pour leur solidarité durant l'élaboration de ce projet.

À mes précieuses amies qui m'ont prodigué leurs encouragements dans les périodes sombres: Geneviève Ling, Josée Lapointe, Julie Pelletier, Laurence Melançon, Jany Bernier, Isabelle Voyer et Annie Darveau.

À Alessandra Schiavetto, dont l'aide dépasse largement la contribution des idées... Merci infiniment de m'avoir fait voir d'autres perspectives et de m'avoir dit les bons mots aux bons moments.

À mes parents, pour vos encouragements inconditionnels depuis la maternelle...

À Alain, merci pour ta patience exemplaire envers mes sautes d'humeurs injustifiées...J'ai eu beaucoup de chance de t'avoir à mes côtés durant ces années intenses. Je te dédie d'ailleurs cette thèse qui t'appartient aussi.

Chapitre I :
INTRODUCTION

La caractérisation du fonctionnement cognitif dans le vieillissement pathologique est une problématique importante en neuropsychologie. La description précise du profil d'atteintes neuropsychologiques permet de faciliter le diagnostic précoce de certaines maladies cérébrales et d'en améliorer le traitement. En raison de l'accroissement constant de la population âgée et de l'augmentation parallèle du nombre d'individus souffrant de démences dégénératives, il devient impératif de préciser davantage les mécanismes cognitifs atteints dans ces maladies afin de favoriser la mise en place de stratégies compensatoires. Ainsi, l'étude des mécanismes responsables des apraxies gestuelles pourra éventuellement permettre la réadaptation ou la compensation efficace de ces troubles pouvant limiter le niveau d'autonomie de la personne. Le premier objectif de cette thèse est d'ordre clinique puisqu'il consiste à contribuer à la caractérisation neuropsychologique des mécanismes impliqués dans l'apraxie gestuelle dans le cours du vieillissement pathologique. Le second objectif est théorique et consiste à évaluer la pertinence des modèles cognitifs des praxies gestuelles comme cadre explicatif des processus cognitifs impliqués dans l'apraxie.

Cette thèse est présentée sous forme de quatre articles. L'introduction a pour but d'exposer une revue de la documentation nécessaire à la compréhension des articles, de les situer dans un contexte général et d'en préciser le fil conducteur. Pour ce faire, un bref historique de l'étude des

apaxies et le modèle théorique de référence seront d'abord présentés (Section 1). Ensuite, les Sections 2 et 3 exploreront respectivement les notions d'apaxie conceptuelle et d'apaxie idéomotrice. Par la suite, les données concernant les substrats anatomiques des composantes praxiques et les lésions associées aux différents types d'apaxie gestuelle seront exposées (Section 4). La Section 5 abordera ensuite quelques études qui traitent des apaxies gestuelles chez des individus souffrant de la démence de type Alzheimer. Finalement, les objectifs généraux de la thèse seront présentés à la section 6.

1. Les apaxies gestuelles

Le terme *apaxie* a été introduit en 1871 par Steinhal pour décrire les troubles du « rapport entre les mouvements et l'objet qu'ils concernent » (cité par Brown, 1988). L'apaxie gestuelle ou apaxie des membres est classiquement définie comme une incapacité à exécuter des actes moteurs intentionnels qui ne peut s'expliquer par un déficit moteur élémentaire (faiblesse, ataxie, chorée, tremblements ou déficits sensoriels), une détérioration intellectuelle globale, une agnosie ou par la présence de troubles de compréhension (Heilman & Rothi, 1994). L'apaxie survient à la suite de lésions cérébrales focales, telles qu'une atteinte vasculaire ou tumorale, et de lésions diffuses comme symptôme de la maladie d'Alzheimer par exemple. L'incidence des cas d'apaxie gestuelle chez les individus présentant une atteinte focale hémisphérique gauche varie de 49 % (De Renzi, Motti et Nichelli, 1980) à 80 % (Poeck, 1986) selon les critères

méthodologiques utilisés. Néanmoins, les apraxies gestuelles paraissent fréquentes et peuvent altérer l'utilisation des objets dans la vie quotidienne (Ochipa, Rothi et Heilman, 1989; Bergego, Pradat-Diehl et Deloche, 1992) et ce, même plusieurs années après la survenue de la lésion (Harrington & Haaland, 1992).

La rareté des travaux sur l'apraxie est attribuable à plusieurs obstacles. D'une part, un manque de consensus persiste quant à la classification, à la nature et à la méthodologie appropriée pour évaluer les apraxies gestuelles (Alexander, Baker, Naeser, Kaplan et Palumbo, 1992), ce qui rend difficile la comparaison inter-études. Certains auteurs déterminent l'apraxie par le type de gestes atteints (gestes symboliques, gestes d'utilisation) (Hécaen et Rondot, 1985), tandis que d'autres se fient sur la modalité perturbée (sur imitation, avec les objets réels) ou sur les corrélations anatomo-cliniques (apraxie frontale, calleuse, etc) (De Renzi, 1985). D'autre part, le fait que l'apraxie ne soit pas une plainte fréquente du sujet cérébrolésé ou de son entourage limite l'exploration de cette fonction. Enfin, l'examen des sujets est parfois complexe puisque 80% des individus avec une apraxie présentent également une aphasie (De Renzi, Motti, & Nichelli, 1980).

1.1 Le modèle classique de Liepmann

Liepmann (1900, cité par Brown, 1988) suggéra le premier modèle explicatif de l'apraxie gestuelle. Selon cet auteur, l'acquisition des praxies requiert l'apprentissage d'une *formule de mouvement* et d'un *patron d'innervation* qui communiquerait l'information de la formule aux aires

motrices primaires. La *formule de mouvement* contiendrait l'image « forme -temps-espace » du mouvement. Le *patron d'innervation* adapterait ces mémoires du mouvement aux conditions environnementales à travers le développement d'un programme moteur (Liepmann, 1907 cité par Brown, 1988). En 1920, Liepmann rédigea une synthèse clinique, anatomique et psychophysiologique des apraxies en distinguant deux formes principales d'apraxie gestuelle selon le site lésionnel et le niveau d'atteinte de l'activité manuelle: l'apraxie idéatoire (AI) et l'apraxie idéomotrice (AIM).

Selon Liepmann (1920, cité par Brown, 1988), l'AI correspond à une perturbation du projet idéatoire du geste, c.à.d., à une atteinte de la *formule de mouvement*. Elle affecte les deux membres lors de tâches séquentielles d'utilisation d'objets, surtout lorsque le sujet doit programmer lui-même l'action, tandis qu'il s'améliore sur imitation. Par ailleurs, l'AIM est décrite comme la conséquence d'une déconnexion entre la *formule de mouvement* et le lieu de conversion en *patrons innervatoires* : le geste présente donc une altération au niveau de ses composantes temporo-spatiales, mais l'idée du geste est préservée. Le modèle de Liepmann constitue la base des modèles contemporains qui utilisent également les notions d'idéation et d'exécution (Roy et Square, 1985).

D'autres conceptions des praxies se sont inspirées des méthodes d'analyse linguistique (Signoret et North, 1979; Hécaen & Rondot, 1985), de l'étude des mécanismes frontaux (Luria, 1978) et des patrons d'erreurs praxiques (Roy et Square, 1985). Le modèle cognitif des praxies proposé

récemment par Rothi, Ochipa et Heilman (1991) précise davantage les notions d'idéation et d'exécution, en utilisant un schème analogue aux modèles de traitement du langage. Ce modèle se veut une référence très influente dans le domaine des praxies et sera utilisé comme canevas théorique dans nos études.

Le modèle de Rothi et al. (1991) introduit de nouvelles distinctions dans les mécanismes de l'apraxie qui découlent de l'étude des dissociations de rendement chez les apraxiques. L'utilisation de ce schème théorique permet d'éviter la confusion terminologique des apraxies en considérant les systèmes praxiques atteints pour déterminer le type d'apraxie (par exemple, une atteinte du système conceptuel produit l'apraxie conceptuelle). Le modèle offre aussi l'avantage de rendre compte du fonctionnement normal des praxies et de prédire différents patrons d'atteintes, tels que les apraxies à modalité spécifique (Pilgrim & Humphreys, 1991; Motomura & Yamadori, 1994), certains déficits sélectifs d'imitation (Mehler, 1987) et un déficit sélectif des gestes arbitraires (Goldenberg & Hagmann, 1997). Enfin, les différentes composantes praxiques du modèle peuvent être aisément évaluées par des tâches neuropsychologiques déjà existantes.

1.2 Le modèle cognitif du traitement des praxies

Le modèle distingue cinq niveau de traitement (Figure 2).

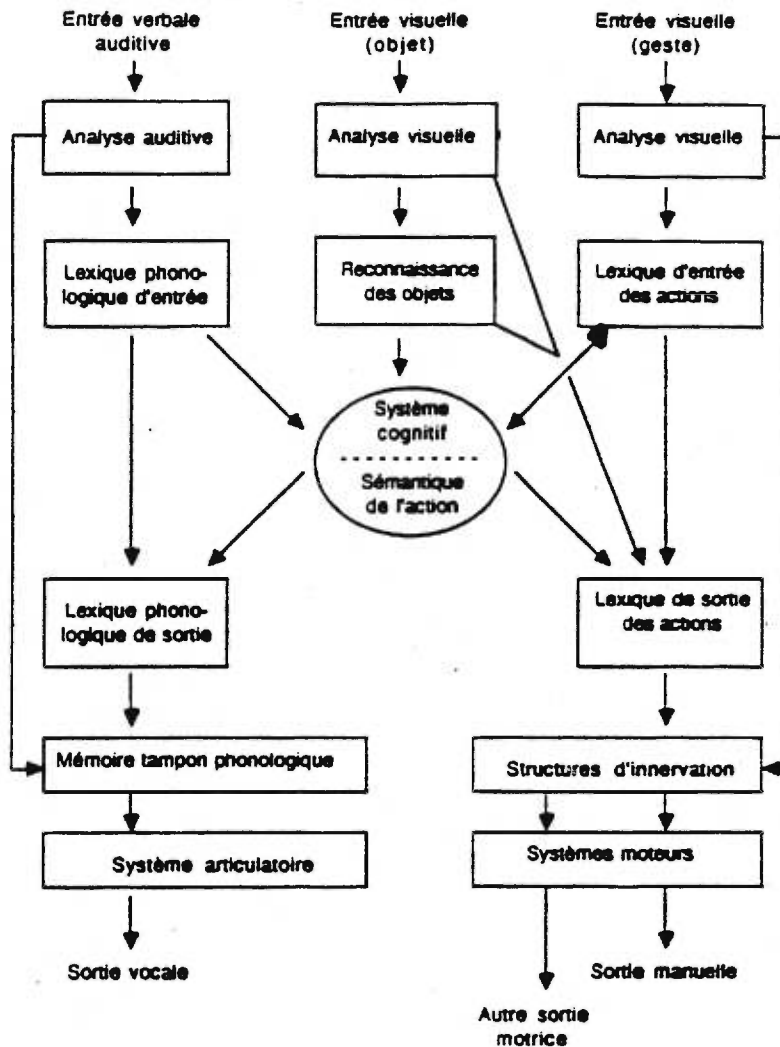


Figure 1. Modèle de traitement des praxies d'après Rothi et al. (1991)

Premièrement, le signal d'entrée (un mot, une image, un geste) fait l'objet d'une analyse perceptive, avant d'être reconnu au deuxième niveau de traitement. Au troisième niveau, les unités de reconnaissance activent un système sémantique d'action contenant les connaissances relatives aux

objets, à leur fonction et aux actions qu'ils permettent. Au quatrième niveau, le modèle postule l'existence d'un répertoire d'actions (répertoire de sortie) pouvant être activé par les connaissances sémantiques, par une reconnaissance pré-sémantique de l'action (écho-praxie) ou par les représentations structurales des objets (Pilgrim et Humphreys, 1991). Finalement, le cinquième niveau correspond aux diverses mémoires-tampons contrôlant la production de réponses verbales ou gestuelles (Feyereisen et Corbetta, 1994).

Le modèle de Rothi et al. (1991) propose des mécanismes distincts pour la compréhension et la production des praxies (Rothi, Mack et Heilman, 1986), la sélectivité des modalités sensorielles d'entrées (De Renzi, Faglioni et Sorgato, 1982), et l'existence d'une route non sémantique d'imitation des praxies (Mehler, 1987). La possibilité d'une voie directe entre la vision et l'action (Riddoch, Humphreys et Price, 1989) et la fragmentation possible d'une sémantique des actions au sein des connaissances sémantiques sont également représentées, mais elles demeurent des hypothèses très controversées. Globalement, l'exécution des praxies gestuelles dépend donc de l'interaction d'un système conceptuel (sémantique) et d'un système de production des praxies. Plusieurs études de sujets cérébrolésés suggèrent que les deux systèmes comportent différents mécanismes pouvant être atteints de façon sélective dans l'apraxie (Benke, 1993; Rapsack, Ochipa, Anderson, & Poizner, 1995; Heilman, Maher, Greenwald et Rothi, 1997). La prochaine section résume le fonctionnement

et l'implication de chaque système dans les différents types d'apraxies gestuelles.

2. L'atteinte du système conceptuel ou l'apraxie conceptuelle

Le système conceptuel (sémantique) de l'action contiendrait trois types d'informations reliées aux objets: 1) la connaissance des objets et outils selon leur fonction (par exemple, un tournevis sert à visser), 2) la connaissance décontextualisée de l'action indépendamment de l'outil utilisé (par exemple, visser peut se faire avec une pièce de monnaie ou avec un canif) et 3) la connaissance de l'organisation séquentielle de ces actions (par exemple, placer la vis, entrer le bout du tournevis dans la fente, rotation du poignet, etc) (Roy & Square, 1985). Selon ce modèle, le système conceptuel est sollicité pour tous les gestes significatifs. Une atteinte du système conceptuel des praxies produit *l'apraxie conceptuelle* (AC), se manifestant par une mauvaise sélection des objets et par leur utilisation conceptuellement inadéquate (De Renzi & Lucchelli, 1988; Ochipa, Rothi et Heilman, 1992). L'AC correspond à l'apraxie idéatoire de Liepmann: toutefois, le terme «*apraxie conceptuelle* » fut instauré pour spécifier un trouble d'utilisation d'objets (ou d'un seul objet) associé à un trouble conceptuel (Ochipa et al., 1992), contrairement à la définition classique de l'AI qui précise un trouble d'organisation *séquentielle* des actions lors de l'utilisation de plusieurs objets.

Comme un trouble d'utilisation peut être induit soit par une atteinte conceptuelle, soit par un trouble sévère dans la production du geste, il est nécessaire d'analyser la nature de l'erreur pour déterminer le système atteint (Heilman, et Rothi, 1994). Un trouble du système conceptuel des actions, ou l'AC, se caractérise par des erreurs de contenu lors de l'exécution de pantomimes d'utilisation ou de l'utilisation réelle des objets. On observe alors un avortement partiel ou total de l'action (perplexité), une inversion de l'ordre des actions ou l'omission d'une étape, la substitution par un acte apparenté (utiliser un couteau comme une cuillère) ou non (utiliser un couteau comme un peigne) ou un mouvement non reconnaissable (Roy et Square, 1985; Ochipa et al., 1992). L'assimilation d'une partie du corps à l'objet et la mauvaise disposition des doigts sur l'objet témoignent également d'un déficit conceptuel partiel (Mozaz, 1992).

2.1 Les tâches utilisées comme mesure du système conceptuel

Les tâches utilisées pour évaluer l'AC incluent généralement plusieurs modalités sensorielles de présentation (verbale, tactile et visuelle) et différents types de mouvement (par exemple: des pantomimes d'utilisation, des gestes d'utilisation d'objet simple et multiple) afin de préciser la nature du trouble (De Renzi, 1985). Un déficit conceptuel est suggéré par les rendements déficitaires d'apraxiques à plusieurs tâches verbales et non-verbales qui évaluent les connaissances de l'action sans comporter la manipulation réelle des objets (Roy, 1982; Ochipa et al., 1989). Des tâches de reconnaissance du caractère correct ou incorrect d'un geste effectué par autrui (Bergego et al., 1992) sont également utilisées pour

évaluer l'intégrité du système conceptuel des actions (v.g. le répertoire d'entrée des actions). Un autre type de tâche consiste à organiser en ordre logique des images représentant les étapes d'actions quotidiennes impliquant des objets; les apraxiques montrent des déficits dans la conceptualisation des actions, même lorsqu'ils n'ont pas à exécuter réellement ces actions (Lehmkuhl & Poeck, 1981). Enfin, le protocole d'évaluation du système conceptuel des praxies (Ochipa et al., 1992), comprenant 6 épreuves, permet d'évaluer les connaissances des actions associées aux outils et aux objets, les connaissances des associations entre l'outil et son objet (par exemple, la sélection de l'outil nécessaire pour compléter la tâche amorcée) et les connaissances mécaniques associées aux outils (par exemple, sélectionner un outil de rechange possédant les mêmes possibilités mécaniques que l'outil normalement utilisé). Plusieurs de ces tâches seront utilisées dans nos travaux lors de l'évaluation du système conceptuel des praxies afin d'évaluer exhaustivement les différentes connaissances des actions associées aux objets.

2. 2 Les interprétations de l'apraxie conceptuelle

Actuellement, l'ensemble des observations supporte deux perspectives principales qui tentent d'établir la nature du trouble affectant l'exécution des actions associées à l'utilisation des objets: celle référant à un déficit au niveau de l'organisation des séquences de mouvements requises pour parvenir à un but (Hécaen & Rondot, 1985; Lehmkuhl et Poeck, 1981; Poeck,1983) et celle s'appuyant sur un déficit du système conceptuel

contenant les représentations de l'action associées à l'utilisation des objets (De Renzi & Lucchelli, 1988; Roy et Square, 1985; Rothi et al., 1991).

La première soutient que les apraxiques font surtout des erreurs séquentielles et que leur rendement serait plus déficitaire lors des tâches impliquant plusieurs actions (Poeck, 1983). Selon cette perspective, le rendement des apraxiques est normal lors de la manipulation d'un seul objet (Lehmkuhl et Poeck, 1981), mais il est déficitaire aux tâches séquentielles. Un trouble de la programmation de la séquence des divers gestes élémentaires serait à l'origine des erreurs apraxiques (des omissions ou permutations de l'ordre des actions) observées dans les tâches d'utilisation de plusieurs objets (ex. préparer une lettre) (Poeck, 1983; Lehmkuhl et Poeck, 1981).

Cette conception est contestée par plusieurs études suggérant que les apraxiques peuvent présenter des déficits dans l'utilisation d'un seul objet (De Renzi et Lucchelli, 1988; Ochipa et al., 1989, Pick, 1905 cité par Brown 1988). La deuxième perspective conçoit plutôt l'AC comme un déficit d'accès ou une altération des représentations de l'action en mémoire sémantique affectant les gestes d'utilisation des objets (De Renzi & Lucchelli, 1988; Rothi et al., 1991; Rapcsak et al., 1995). Le sujet apraxique aurait perdu les connaissances spécifiques concernant la manière dont l'objet est utilisé, comme peuvent l'être les connaissances concernant le bruit ou la couleur de cet objet (Gainotti, Miceli et Caltagirone, 1979). Le rendement des apraxiques serait plus affecté dans les tâches séquentielles en raison d'une surcharge

mnésique dans cette condition, puisque le sujet doit retrouver une représentation mentale à la fois de l'objet et du mouvement approprié à chacune des actions (Willis et Behrens, 1992). D'ailleurs, l'implication des aires postérieures gauches dans l'AC appuierait la proposition d'un désordre de mémoire sémantique, plutôt qu'un trouble de programmation motrice (De Renzi et al., 1988). Nos travaux tenterons de clarifier si l'AC se rapporte davantage à un trouble séquentiel ou à un déficit des représentations des connaissances de l'action en mémoire (Article n° 2).

3. L'atteinte du système de production des praxies ou l'apraxie idéomotrice

Le système de production contiendrait la représentation motrice «temporo-spatiale » (répertoire d'action de sortie) du geste à exécuter et les patrons innervatoires qui traduisent cette représentation en code tridimensionnel pour activer le cortex moteur dans l'exécution du mouvement. Une atteinte du système de production des praxies, ou l'apraxie idéomotrice (AIM) se caractérise par un dérèglement de l'amplitude du mouvement (augmentée ou réduite), des erreurs spatio-temporelles dans l'exécution du geste correctement conçu et une mauvaise orientation spatiale d'une partie du bras ou de la main dans l'exécution des mouvements sur imitation (Heilman & Rothi, 1994; Poizner, Mack, Verfaelli, Rothi, Heilman, 1990). Les sujets ayant une AIM produiraient des erreurs de production surtout dans l'exécution de pantomimes d'utilisation qui seraient souvent plus complexes en raison de leur nature très artificielle

(Haaland et Flaherty, 1984). Plusieurs variétés d'AIM spécifiques à une modalité ont été décrites et témoignent de l'importance des différentes modalités d'examen de l'AIM. Il s'agit parfois d'une déconnexion verbo-motrice (le déficit n'apparaît que sur consigne verbale), visuo-motrice (apraxie optique- sur entrée visuelle seulement), ou encore d'une déconnexion tactilo-motrice (Assal et Regli, 1980; De Renzi et al., 1982).

3. 1 Les tâches utilisées comme mesure du système de production

Les tâches utilisées pour évaluer l'AIM incluent plusieurs modalités sensorielles de présentation et différents types de mouvement (symboliques, pantomimes d'utilisation, gestes arbitraires) (De Renzi, 1985) réalisés avec chaque main, puisque l'AIM peut être unilatérale ou bilatérale. Un déficit de production est suggéré par le rendement déficitaire d'apraxiques à des tâches d'imitation de gestes (De Renzi et al., 1980). L'imitation de gestes serait l'épreuve la plus appropriée pour évaluer l'intégrité du système de production puisque l'examineur fournit la représentation du geste qui devrait autrement être récupérée dans le système conceptuel et que les difficultés de compréhension verbale n'entravent pas l'examen. L'utilisation des gestes arbitraires (*meaningless gestures*) vise à éliminer toute association ou identification verbale du geste pouvant influencer les capacités d'exécution (Goldenberg et al., 1997).

3. 2 Les interprétations de l'apraxie idéomotrice

Deux modèles explicatifs ont tenté d'expliquer l'AIM. Le modèle de déconnexion (Geschwind, 1975) propose que le sujet apraxique ne peut

exécuter des mouvements sur commande car il présente une déconnexion entre l'aire de Wernicke, nécessaire à la compréhension de la consigne, et les centres moteurs antérieurs. Quant aux troubles d'imitation des gestes, ils sont interprétés par une atteinte des connexions entre les aires visuelles associatives et les centres moteurs. Selon Geschwind, une déconnexion intrahémisphérique gauche (lésions du faisceau arqué reliant l'aire de Wernicke aux aires prémotrices) peut être responsable d'une AIM bilatérale, ou unilatérale gauche (avec hémiplégie droite), tandis qu'une déconnexion interhémisphérique (lésions du tiers antérieur du corps calleux ou des fibres calleuses au niveau du cortex moteur associatif gauche) produit le plus souvent une AIM unilatérale gauche. Cependant, le modèle de Geschwind n'explique pas pourquoi les sujets apraxiques présentent des difficultés dans l'utilisation réelle des objets. De plus, ce modèle ne peut rendre compte des AIM touchant sélectivement certains gestes, puisqu'il propose une voie anatomique commune pour tous les gestes et ne tient pas compte des différents statuts fonctionnels des gestes (par exemple, les gestes sans signification ne comportent probablement pas les mêmes demandes fonctionnelles que les pantomimes d'utilisation).

Un modèle alternatif (Heilman, Rothi et Valenstein, 1982) propose que l'apraxie idéomotrice est consécutive à la destruction ou à l'inaccessibilité des représentations spatio-temporelles des gestes qui dépendent de l'intégrité du lobe pariétal gauche. Ces représentations spatio-temporelles seraient transmises aux aires motrices associatives lors de la programmation des mouvements complexes (Heilman et al., 1986). Ainsi,

les mouvements approximatifs des apraxiques dans l'exécution des gestes volontaires s'expliqueraient par une déconnexion entre les représentations spatio-temporelles des gestes et les aires motrices antérieures (voir figure 2.)

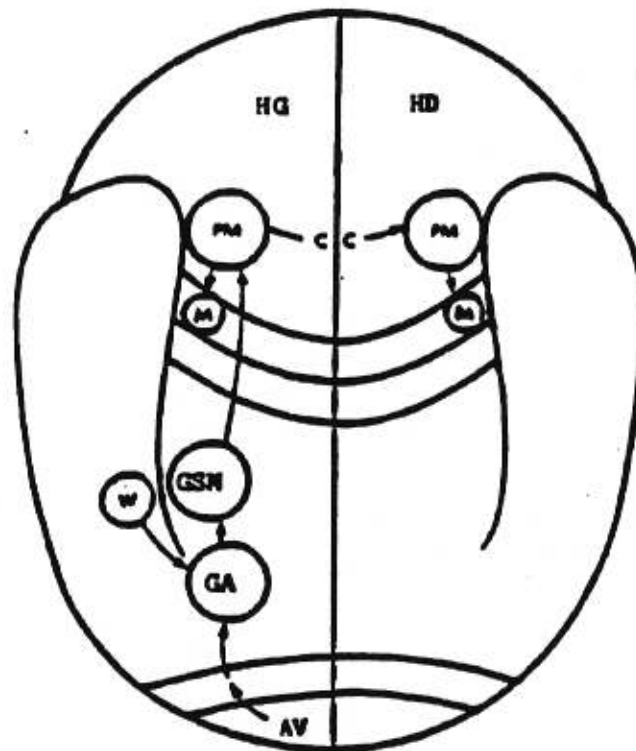


Figure 2. Adaptation du schéma explicatif de l'apraxie idéomotrice selon Heilman, Rothi et Valenstein (1982).

(AW)= aire de Wernicke, (AVA)= aires visuelles associatives,
(GA)= gyrus angulaire, (GSM)= gyrus supramarginalis, (CMA)=
cortex moteur associatif, (CMP)= cortex moteur primaire.

À partir de ce modèle, Heilman et al. (1982) distinguent deux formes d'AIM selon que l'AIM survienne à la suite d'une atteinte des représentations spatio-temporelles du geste (p.ex., atteinte pariétale) ou

d'une déconnexion entre l'aire pariétale et les aires motrices associatives. Les sujets ayant une atteinte des représentations présentent un déficit d'exécution des gestes et une difficulté à discriminer un geste correctement effectué d'un geste mal exécuté. Les sujets dont les représentations sont intactes mais non-accessibles aux aires motrices présentent seulement un trouble d'exécution, tout en pouvant discriminer correctement les gestes. Cette proposition sera étudiée dans les présents travaux en évaluant les capacités de compréhension et d'exécution des gestes d'un sujet apraxique qui présente une lésion pariétale gauche focale documentée (Article n° 1).

Selon le modèle de Rothi et al. (1991), le système de production constitue la voie finale nécessaire à l'exécution des gestes et cette voie serait sollicitée également pour tous les types de gestes (par exemple, les pantomimes d'utilisation, les gestes symboliques, etc). Le modèle prédit qu'un trouble d'imitation devrait perturber également tous les types de mouvements. Cependant, certaines dissociations semblent incompatibles avec l'idée d'un système de sortie unique pour tous les types de gestes. Ainsi, Goldenberg et Hagmann (1997) décrivent deux sujets qui présentent un déficit sélectif de l'imitation des gestes arbitraires avec un rendement d'imitation normal pour les gestes significatifs (pantomimes et symboliques). Également, quelques cas de dissociations entre le rendement d'exécution des gestes transitifs (comportant un objet) et intransitifs ont été rapportés chez des sujets apraxiques (De Renzi & Lucchelli, 1988; Ochipa et al., 1997), ce qui suggère que le système praxique pourrait traiter les gestes transitifs différemment. Récemment, certains auteurs ont suggéré que des

représentations spécialisées seraient requises pour les postures manuelles complexes associées aux gestes transitifs, tels que les gestes d'utilisation d'objets (Sirigu et al., 1995; Rapcsak, Ochipa, Anderson et Poizner, 1995). Cette hypothèse sera l'objet de notre étude longitudinale d'un cas d'apraxie très inhabituel qui affecte sélectivement les gestes transitifs (Article n° 1 « *Selective impairment of transitive gestures: an unusual case of apraxia* »). Par le biais de tâches évaluant les différents mécanismes proposés dans le traitement des praxies, nous documenterons les processus impliqués dans ce trouble et leur récupération naturelle sur une période de deux ans.

4. Les substrats neuroanatomiques des mécanismes praxiques

Chez les sujets droitiers, l'hémisphère gauche joue un rôle dominant dans la sélection du programme moteur (Rushworth, Nixon, Wade, Renowen, & Passingham, 1998; Kimura, 1993) et dans l'apprentissage du geste (Jason, 1983). L'AC et l'AIM sont généralement associées à une lésion de cet hémisphère.

Typiquement, l'AC apparaît lors d'un dommage cortical diffus, tel qu'observé dans la DTA (Ochipa et al., 1992), mais parfois focal (Heilman et al., 1997) localisé dans la région temporo-pariétale postérieure de l'hémisphère gauche. L'AC s'accompagne souvent d'aphasie de type Wernicke ou globale (De Ajuriaguerra, Hécaen & Angelergues, 1960) et d'AIM (De Renzi et Lucchelli, 1988). Plus précisément, les gyri

supramarginal et angulaire sont très fréquemment impliqués dans les deux types d'apraxie gestuelle (AIM et AC). Des études d'imagerie cérébrale par émission de positons (TEP) et par résonance magnétique fonctionnelle (Kareken, Unverzagt, Caldemeyer, Farlow, & Hutchins, 1998; Moll, De Oliveira-Souza, De Souza-Lima, & Andreiuolo, 1998) ont montré que ces zones sont fréquemment atteintes dans la DTA (Della Sala, Spinnler & Lucchelli, 1987). À notre connaissance, l'AC n'a jamais été rapportée à la suite de lésions hémisphériques droites dans le cadre d'une spécialisation hémisphérique classique (Le Gall, 1992). Cependant, une atteinte de l'hémisphère droit a été rapportée dans l'AIM (De Renzi et al. 1980). L'hémisphère droit pourrait contenir un système praxique pouvant soutenir l'exécution de gestes concrets et familiers dans les actions routinières fortement contextualisées (Rapcsak, Ochipa, Beeson, Rubens, 1993). L'intégrité des structures pariétales droites jouerait également un rôle dans la réadaptation des troubles praxiques (Basso, Capitani, Della Sala, Laiacona, & Spinnler, 1987).

L'AIM relève de différents mécanismes physiopathologiques selon qu'elle s'exprime de façon unilatérale ou bilatérale. Une AIM unilatérale gauche survient par lésion du tiers antérieur du corps calleux (De Renzi et al., 1980), ou par lésion sous-corticale frontale droite ou gauche intéressant singulièrement les faisceaux de fibres calleuses associées (Geschwind, 1975). L'aire motrice droite est privée des représentations temporo-spatiales provenant de l'hémisphère gauche, ce qui cause une AIM de la main gauche. L'AIM bilatérale se produit généralement à la suite d'une lésion

pariétale postérieure gauche (gyri supramarginal et angulaire), mais elle a également été rapportée à la suite de lésions sous-corticales profondes (ganglions de la base et/ou thalamus) (Nadeau, Roeltgen, Sevush, 1994). Plusieurs autres sites lésionnels, antérieurs au lobe pariétal et suivant la trajectoire du faisceau arqué, peuvent également produire une AIM (Geschwind, 1975). Watson, Fleet, Rothi et Heilman (1986) ont également décrit des sujets présentant une AIM bilatérale consécutive à une atteinte de l'aire motrice supplémentaire (AMS) gauche (surface médiane du gyrus frontal supérieur ou aire 6a médiane selon Brodmann). Cette apraxie était spécifiquement transitive (gestes d'utilisation d'objets) et produisait également des troubles de l'écriture. Selon cette étude et d'autres données électrophysiologiques (Roland, Skinhoj, Larsen, & Lassen, 1980), l'AMS pourrait jouer un rôle important dans la programmation des gestes d'utilisation d'objets en transcodant les représentations temporo-spatiales en programme moteur (Watson et al. 1986). D'après ces auteurs, l'AMS serait donc le site des structures innervatoires associées aux mouvements complexes.

5. Les apraxies dans la démence de type Alzheimer

La démence de type Alzheimer (DTA) correspond au diagnostic probabiliste d'une maladie d'Alzheimer dont l'attestation requiert un examen neuro-pathologique post-mortem. Celle-ci est une maladie neuro-dégénérative qui se caractérise classiquement par un syndrome aphaso-

apraxo-agnosique auquel s'associe des troubles mnésiques, du jugement et des modifications de la personnalité (Puel, Démonet, Ousset & Rascol, 1991). Les apraxies gestuelles sont un symptôme classique de la DTA (Alzheimer, 1977) et peuvent survenir à différents stades d'évolution de la démence, les profils d'apraxie étant relativement hétérogènes dans cette maladie (Pena-Casanova & Bertran-Serra, 1993). D'ailleurs, la DTA est hétérogène au plan des profils neuropsychologiques et certains sous-groupes de la maladie ont même été proposés (Fisher et al., 1997). Les manifestations d'apraxies dans la DTA peuvent se traduire par un trouble d'utilisation des objets pouvant survenir dans les activités quotidiennes (Puel et al., 1991).

5.1 Les profils d'atteintes dans la DTA

Deux formes d'apraxie gestuelle sont généralement rapportées dans la DTA: une apraxie de conception (AC) (Benke, 1993; Ochipa et al., 1992; Lucchelli, Lopez, Faglioni et Boller, 1993) et une apraxie de production (AIM) (Rapcsak, Crosswell et Rubens, 1989), qui sont qualitativement similaires aux syndromes provenant d'atteintes pariétales décrits précédemment. Certains auteurs ont suggéré une atteinte conceptuelle plus importante dans la DTA, puisque plusieurs sujets présentent une AC sans signe d'AIM dans les premiers stades de la maladie (Pena-Casonava et al., 1993; Ochipa et al., 1992; Lucchelli et al., 1993). Nous détaillerons davantage l'atteinte du système conceptuel dans cette population puisque cette question est au coeur de nos travaux.

Peu d'études ont mis en valeur un trouble du système conceptuel des praxies (AC) dans la DTA (Ochipa et al.,1992; Benke, 1993). À l'aide d'un protocole évaluant les différentes connaissances des actions associées aux objets, Ochipa et al.,(1992) ont étudié trente-deux sujets DTA de différents niveaux de sévérité, pour évaluer leurs connaissances sémantiques des actions. Leurs résultats indiquent que tous les sujets DTA sont déficitaires à une ou à plusieurs tâches mesurant leurs connaissances des actions associées aux objets. Les auteurs concluent qu'il existe un trouble du système conceptuel des praxies dans la DTA qui n'est pas relié à des déficits langagiers, car leurs sujets apraxiques ne présentent pas de déficit à une tâche évaluant la compréhension verbale. Ochipa et al. (1992) postulent donc l'existence d'un système sémantique d'actions, fractionné des autres connaissances sémantiques des objets, qui serait sélectivement atteint dans l'AC. Une autre étude de groupe portant sur 12 sujets DTA (Benke,1993) illustre un déficit au niveau des connaissances de l'action à des tâches de reconnaissance de gestes d'utilisation. Dans cette épreuve, les sujets associent un pantomime d'utilisation exécuté par l'expérimentateur avec l'objet approprié choisi parmi des distracteurs reliés sémantiquement ou non. Les résultats montrent que la reconnaissance des pantomimes est déficitaire quand les objets sont choisis parmi des distracteurs sémantiques. Il semble donc qu'un déficit du traitement des traits sémantiques soit impliqué dans ce déficit de reconnaissance des gestes dans la DTA. Le quatrième article de la thèse «*Pantomime recognition impairment in Alzheimer's disease* » explore plus spécifiquement la relation entre l'habileté à comprendre des pantomimes (symboliques et d'utilisation) et leur exécution afin d'évaluer

la distinction proposée par le modèle de Rothi et al. (1991) entre un répertoire d'entrée et un répertoire de sortie des actions.

Les profils détaillés des atteintes praxiques dans la DTA feront donc l'objet d'une étude dans la présente thèse: Une approche par cas multiples permettra de contourner les limites des études de groupe rapportées ci-haut. Entre autres, le peu d'homogénéité à travers le groupe de sujets a pour conséquence que les résultats moyennés sont des artefacts et peuvent difficilement conduire à des inférences valides sur les processus cognitifs atteints (pour une revue de la question voir Caramazza & McCloskey, 1988).

5. 2 Deux hypothèses explicatives de l'AC dans la DTA

La DTA fournit un contexte privilégié à l'étude des apraxies parce qu'un déficit précoce de la mémoire sémantique est postulé dans cette maladie (Bayles et Kaszniak, 1987; Chertkow, Bub, Cosgrove, Dixon, 1993), tout comme dans l'AC (Rothi et al., 1991). Toutefois, deux hypothèses différentes sont proposées pour rendre compte des relations entre les déficits du système sémantique verbal et les déficits des connaissances de l'action dans la DTA; la première, l'hypothèse *unitaire* propose la perturbation d'un système sémantique central qui entraînerait des difficultés parallèles du langage et du geste (Bayles et al., 1987; Wang et Goodglass, 1992; Duffy & Watkins, 1984), tandis que la deuxième, l'hypothèse *multiple* propose l'atteinte sélective d'un système sémantique de l'action (Ochipa et al., 1992; Raymer, 1992).

L'hypothèse *unitaire* suggère que les connaissances des objets seraient représentées dans un système sémantique unitaire qui traiterait toutes les modalités d'informations associées aux objets (Caramazza, Hillis, Rapp, & Romani, 1990). Cette hypothèse repose surtout sur l'observation d'une association quantitative et qualitative des troubles du geste et du langage chez des patients DTA (Kempler, 1988; Rapcsak et al., 1989). Certains auteurs ont mis en relief des corrélations significatives entre les perturbations langagières (compréhension verbale, dénomination), une diminution de la communication gestuelle et l'AC dans la DTA, suggérant qu'un déficit sémantique commun sous-tendrait ces déficits (Glosser, Wiley et Barnoski, 1998). Une étude de cas multiples auprès de huit sujets DTA révèle des corrélations significatives et des liens qualitatifs entre les troubles gestuels (pantomimes) et verbaux (dénomination, compréhension verbale), et ce, en production et en reconnaissance (Kempler, 1988). Une autre étude auprès de 28 sujets DTA montre que l'AC est toujours associée avec un déficit de compréhension verbale dans la DTA (Rapcsak et al., 1989). Ces études supportent l'hypothèse d'une atteinte du système sémantique dans la DTA qui entraînerait des perturbations parallèles du geste et du langage. Le troisième article de la thèse «*Limb apraxia and verbal comprehension in Alzheimer's disease*» évaluera la performance de sujets DTA à des tâches de pantomimes (sur imitation et sur commande verbale) et de compréhension verbale pour spécifier l'effet de la compréhension du langage sur l'habileté à pantomimer des gestes.

L'hypothèse de systèmes sémantiques *multiples* propose l'existence de différents sous-systèmes contenant les représentations sémantiques spécifiques à une modalité de traitement (Paivio, 1986; Shallice, 1988). Paivio suggère deux sous-systèmes sémantiques, le premier étant un système d'imagerie qui traite l'information non-verbale, tandis que le deuxième traite l'information verbale, ces deux systèmes pouvant être perturbés de façon sélective. Une dissociation des troubles du geste et du langage constitue l'argument principal pour appuyer l'hypothèse d'un système sémantique d'action qui serait distinct des autres connaissances sémantiques de l'objet. Selon cette hypothèse, l'AC provient d'une perte sélective des connaissances de l'action associées aux objets, pouvant survenir dans le contexte de connaissances sémantiques verbales préservées (Ochipa et al., 1989). À notre connaissance, seulement deux études traitent du lien entre les connaissances de l'action et les connaissances verbales dans la DTA. Dans sa thèse doctorale non-publiée, Raymer (1992) a évalué 12 patients DTA en utilisant une batterie de sept tâches verbales et d'exécution de gestes d'utilisation qui évaluent les différentes connaissances associées à 20 outils. Les résultats montrent que les sujets DTA présentent un rendement déficitaire aux tâches verbales et gestuelles comparativement aux contrôles. Toutefois, aucune corrélation significative n'est retrouvée entre le rendement aux tâches verbales et le rendement aux tâches gestuelles, même si des corrélations positives sont relevées entre les scores des différentes épreuves utilisées pour évaluer chaque type de rendement. Ces données refléteraient des déficits différentiels de la sémantique d'action et de la sémantique verbale, même si les deux systèmes sémantiques paraissent

vulnérables aux effets de la DTA. Cependant, l'étude de Raymer ne présente pas de description des rendements individuels des sujets, ce qui aurait permis de mettre en évidence des patrons d'associations ou de dissociations chez ces sujets.

L'étude d'Ochipa et al. (1992) suggère un déficit sélectif des connaissances de l'action sans déficit du système sémantique verbal chez des sujets DTA, puisque certains sujets ayant une AC ne présentent pas de déficits à une tâche de compréhension verbale. Toutefois, les conclusions de cette étude paraissent mitigées en raison de l'utilisation d'une seule mesure des capacités sémantiques verbales par une épreuve simple de compréhension verbale de mots (par exemple, pointer l'objet dénommé parmi 3 distracteurs sémantiquement reliés) comparativement au degré de difficulté des tâches de sémantique d'actions (par exemple, sélectionner un outil de rechange parmi 5 outils). Il conviendrait d'utiliser plusieurs types de mesures (tâches visuelles et verbales) pour évaluer les connaissances sémantiques des objets afin d'avoir un estimé plus valide du système sémantique chez les sujets DTA.

La notion d'une sémantique d'actions fractionnée du système conceptuel central demeure donc une hypothèse très controversée (Riddoch, Humphreys, Coltheart, & Funnell, 1988). Les différents travaux exposés permettent difficilement de préciser les liens entre un trouble de la connaissance des actions associées aux objets (AC) et les autres types de connaissances sémantiques, car ils n'évaluent généralement que les patrons

du groupe et un seul aspect du système sémantique (tâche de compréhension). Dans nos études, le rapport entre l'AC et les déficits sémantiques retrouvés dans la DTA sera évalué en utilisant différentes mesures des connaissances sémantiques (p.ex., stimuli verbaux et non-verbaux) et en analysant les patrons individuels des sujets. Le second article de la thèse «*Conceptual apraxia and semantic memory deficit in Alzheimer's disease: two sides of the same coin ?* » discutera de cette problématique et des patrons d'atteintes praxiques dans la DTA.

6. Objectifs généraux de la thèse

La présente thèse vise trois objectifs principaux. Le premier est d'identifier, par référence au modèle cognitif du traitement des praxies de Rothi et al. (1991), les systèmes responsables des troubles praxiques dans les lésions pariétales focales et diffuses (DTA). Pour ce faire, nous évaluerons de façon détaillée les systèmes conceptuel et de production des praxies gestuelles lors de l'étude longitudinale d'un cas d'apraxie. Notamment, nous souhaitons contribuer à l'hypothèse de voies de traitement spécialisées pour les gestes d'utilisation en évaluant les mécanismes impliqués lors d'une atteinte des gestes d'utilisation dans un cas d'apraxie gestuelle. Notre second objectif est de caractériser les profils d'atteintes des praxies gestuelles dans la DTA selon le même modèle théorique en privilégiant l'étude de cas multiples. Nous contribuerons à préciser les rapports entre les connaissances sémantiques de l'action et les autres connaissances sémantiques associées aux objets afin d'évaluer l'hypothèse d'un système de « sémantique d'action

» fractionné des autres connaissances sémantiques. Enfin, les résultats obtenus auprès de populations cliniques pourraient contribuer aux modèles théoriques des praxies et à l'élaboration de méthodes compensatoires appropriées. La poursuite de ces objectifs a permis la réalisation de quatre études correspondant à autant d'articles présentés dans le chapitre suivant.

Chapitre II:

SECTION EXPÉRIMENTALE

Article n° 1

**Selective Impairment of Transitive Gestures:
an Unusual Case of Apraxia**

Catherine Dumont,^{1,2} Bernadette Ska,^{1,3} Alessandra Schiavetto⁴

¹ Centre de recherche de l'Institut Universitaire de Gériatrie de Montréal.

² Groupe de Recherche en Neuropsychologie Expérimentale, Université de Montréal .

³ École d'orthophonie et audiologie, faculté de médecine de l'Université de Montréal.

⁴ Rotman Research Institute, Toronto, Ontario.

(1999). NEUROCASE (sous presse)

Abstract

We describe the case of a 74-year-old man with selective apraxia for transitive gestures (gestures of object use) following a left temporo-parietal infarction. We document his neuropsychological progress over two years and assess his praxic abilities according to the best developed cognitive model of praxis. Strikingly, PF was unable to pantomime transitive gestures in every test modality (verbal command, imitation, photos of objects, and handling actual tools) but could still execute symbolic (e.g., salute) and meaningless gestures. He was able to discriminate and recognize transitive gestures as well as controls. His praxic impairment has persisted through the years in the absence of dementia. His inability to use tools cannot be accounted for on the basis of a visual agnosia, impaired language comprehension, or a classic ideomotor apraxia. Such a selective deficit of transitive gestures is incompatible with the cognitive model proposing that the production of all meaningful gestures (symbolic and transitive) requires a final common pathway. Rather, these findings indicate a selective deficit in the production system, which is inefficient at implementing specific representations for complex object-related gestures. Our findings also support a dissociation between semantic (what) and functional (how) knowledge of an object.

Introduction

Limb apraxia is a disorder of skilled movement not caused by elemental motor deficits such as weakness, akinesia, chorea, ataxia, tremor, or sensory deficits (Geschwind, 1975; Heilman & Rothi, 1994). It usually occurs following posterior left hemisphere (especially the supramarginal gyrus area) and callosal lesions (De Renzi et al., 1980), but has also been reported, albeit infrequently, with right hemisphere and deep subcortical lesions (Rapcsak et al., 1993; Nadeau et al., 1994).

Recent cognitive neuropsychological models postulate two major components called the conceptual and production subsystems, as first conceptualized by Liepmann (see Brown, 1988; Roy & Square, 1985; Rothi et al., 1991). The conceptual system contains knowledge of tool use and mechanical function, whereas the production system includes information contained in action motor programs and its translation into skilled motor performance. The conceptual system pertains only to meaningful and familiar gestures that are represented in long-term memory, and thus this system is not involved with meaningless gestures, which are not represented in long-term memory. A dysfunction of the conceptual praxis system, or conceptual apraxia (CA), is manifested by the incorrect selection and conceptually inappropriate use of objects or tools (De Renzi & Lucchelli, 1988; Ochipa et al., 1992). Because the term ideational apraxia has also been used to describe the disruption of the sequential organization of tasks that require multi-stage actions (Lehmkuhl & Poeck, 1981; Poeck, 1983),

the term conceptual apraxia will be used to describe apraxia resulting from a disturbance of the praxis conceptual system (Ochipa et al., 1992). In contrast, the production system constitutes a final common path for all gestures on their way to action and is assumed to be involved equally with all types of gestures (Goldenberg & Hagmann, 1997). A disruption of the production system, or ideomotor apraxia (IMA), is characterized predominantly by spatiotemporal errors (postural and spatial orientation and spatial movement) during the execution of gestures (Heilman & Rothi, 1994; Poizner et al., 1990). Imitation of gestures is held to be the most direct test of the integrity of the production system because the examiner provides a representation of the gesture that should otherwise be retrieved from the conceptual system.

The task features generally used to elicit evidence of apraxia include various sensory modalities of stimulus presentation (oral, tactile, visual) and different types of movement (transitive - i.e., movements directed to manipulate objects - or intransitive, meaningful or meaningless, single or multiple object use) (De Renzi, 1985). A review of the literature shows that apraxia restricted to one input modality has been convincingly demonstrated for verbal commands (Heilman, 1973), visual presentation (Assal & Regli, 1980; Pilgrim & Humphreys, 1991), imitation (see visuo-imitative apraxia, Mehler, 1987; Goldenberg & Hagmann, 1997) and even tactile presentation (De Renzi et al., 1982; Motomura & Yamadori, 1994). However, the theoretical relevance of using different types of gestures in the assessment of apraxia is still a matter of debate. Some researchers believe

that the type of gesture plays only a minor role in the genesis of apraxia (Belanger et al., 1996; Poeck, 1986). Mozaz (1986) found no differences between the scores obtained by apraxic patients on symbolic gestures and object use gestures in response to verbal commands and in imitation. She suggested that different methods of analysis (e.g. use of raw scores instead of standardized scores) and different lesion sites could explain some of the dissociations found between performance on transitive and intransitive gestures. Other researchers have proposed that differences in task performance associated with types of gestures reflect degrees of task difficulty (Belanger et al., 1996); for example, symbolic gestures are thought to be easier than pantomime or meaningless gestures because they are well practised expressive gestures (e.g., waving goodbye, military salute, etc). Finally, some authors attribute movement-type effects to different subtypes of limb apraxia: this distinction between ideational apraxia as a transitive defect (e.g. faulty use of objects) and ideomotor apraxia as an intransitive defect has been criticized because the inability to carry out a transitive gesture (such as a pantomime of use on verbal command) may be due to either IA or IMA (Barbieri & De Renzi, 1988).

However, many dissociations between performance on transitive and intransitive movements by apraxic patients have been reported (De Renzi & Lucchelli, 1988; Barbieri & De Renzi, 1988), suggesting that the praxis system may process transitive gestures differently. Thus, Watson et al. (1986) described several patients with left supplementary motor area (SMA) lesions who had bilateral apraxia for transitive but not intransitive

movements. These patients could comprehend and discriminate among pantomimes. The authors concluded that skilled motor acts such as transitive limb movements are programmed by the left SMA. These findings are supported by a recent PET study (Grèzes et al., 1998) which described different patterns of activity for the imitation of transitive and intransitive gestures. Results showed that the imitation of intransitive gestures led to increased metabolism in the lateral premotor cortex whereas the imitation of transitive gestures increased metabolic activity in the lateral premotor cortex and in the SMA.

Poeck & Lehmkuhl (1980) also reported on a left-handed patient who showed an impairment in using objects while his ability to produce symbolic and meaningless gestures on verbal command or in imitation was almost normal. By contrast, Goldenberg & Hagmann (1997) presented two patients with damage of the left angular gyrus who showed defective imitation of meaningless gestures but preserved performance of meaningful gestures on verbal command and in imitation. This dissociation supports the existence of a direct, or non-semantic, route from perception to motor control which can be selectively damaged, as postulated by Rothi et al. (1991).

Recently, some investigators have suggested that specialized mechanisms or representations are required for complex manual postures associated with transitive gestures such as the use of tools (Sirigu et al., 1995; Rothi et al., 1991). Sirigu et al. (1995) proposed that the proper prehension of

an object requires knowledge of what the object is used for (semantic knowledge) and is also guided by the pattern of manual grasp that the object affords (functional or affordance-based knowledge). This distinction between semantic and functional knowledge of an object is supported by previous reports of selective impairment of object recognition and disorders of reaching and grasping (Sirigu et al., 1991; Goodale et al., 1991; Jeannerod, 1986; Goodale & Milner, 1992). Rapcsak et al. (1995) described a patient with progressive bilateral limb apraxia for transitive gestures who showed a selective impairment in kinematic aspects of gestures (spatiotemporal coupling, joint coordination, etc.) with preserved semantic knowledge of tool function and action. Furthermore, physiological evidence such as single cell recordings in primates have identified distinct populations of parietal and premotor cortical neurons involved in mediating different types of object-directed hand movements (Jeannerod et al., 1995). The existence of a dorsal (parietofrontal) "pragmatic" system important for controlling object-oriented actions (e.g. reaching, grasping, and manipulating) is currently supported by numerous neuropsychological and psychophysiological studies (Goodale et al., 1994; Jeannerod et al., 1995; Goodale et al., 1991; Ochipa et al., 1997). Thus, the possibility of a selective deficit in executing transitive gestures without any impairment in performing other types of gestures may be predicted. However, this hypothesis is not compatible with recent cognitive models of praxis which define only one production pathway for all types of meaningful gestures, whether symbolic gestures or gestures of use. Moreover, very few cases of apraxics have been studied thoroughly, in a longitudinal manner, without

suffering from dementia (cf. Della Salla et al., 1987; Ceccaldi et al., 1995) or progressive aphasia (Ska & Daigle, 1996).

This case-study of a left-brain-damaged patient who exhibits difficulty using tools in natural settings was designed to investigate his pattern of deficits within the framework of a cognitive model of praxis processing. We have extensively documented his praxic abilities over two years to assess the possible influence of compensatory behaviors on his performance, considering that limb apraxia following a stroke is generally transitory (Poeck, 1983).

Material and method

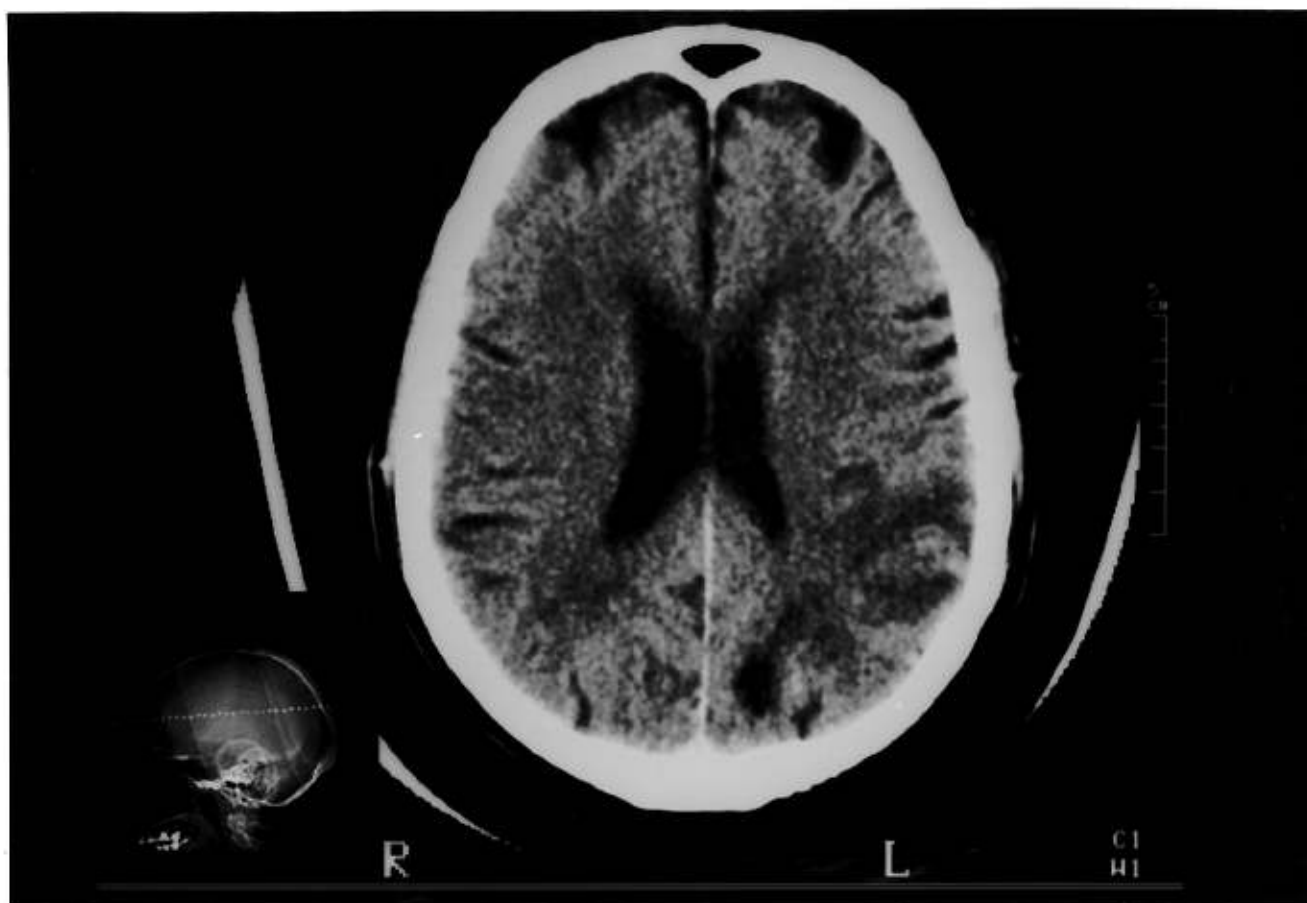
SUBJECT

P.F. was 74 years old in 1994 when he was referred to us because of praxic difficulties. He is a right-handed man with a Ph.D. in theology, who managed many professional activities as a priest, a theology teacher and a writer of essays in his area of expertise. He is fully bilingual in French and English, but he speaks mainly French on a daily basis. His medical history included non-insulin-dependent diabetes, severe hypertension, cardiac atherosclerosis and four myocardial infarctions.

On August 20, 1991, he experienced the sudden onset of speech problems without any other associated neurological symptoms. Two days later, a neurological examination revealed poor verbal comprehension,

anomia and many verbal and phonemic paraphasias in spontaneous speech (Wernicke's aphasia). Reading and writing were also severely impaired. The visual field examination revealed a right hemianopsia. A computed tomographic scan two days after the onset of symptoms disclosed an extensive hemorrhagic infarction of the left temporo-parietal area involving the cortex and underlying white matter (Fig. 1). SPECT findings (30 mCi of Tc 99m HMPAO) also confirmed a stroke in the left sylvian territory with a hypodense zone in the left posterior parietal lobe. The final diagnosis was a left temporo-parietal infarction.

Figure 1: Computed tomography scan demonstrating left posterior parietal hemorrhagic infarction.



When P.F. was discharged three weeks later, he still had poor verbal comprehension, expressive deficits (paraphasia) and right hemianopsia. Two months after the onset of the illness, he began a language re-education program. He received treatment sessions twice a week for one year and, while he showed substantial improvement, he still had great difficulty with writing and with verbal comprehension or repetition of sentences without conversational context. P.F. was also given therapeutic support for a depressive state resulting from apprehension of the permanence of his functional limitations.

P.F. continued to preach at the local church twice a week despite some word finding difficulties, particularly for proper nouns. He could read and understand the Bible. However, he reported persistent difficulties with writing; indeed, he almost ceased writing. A neuropsychological assessment conducted one year after the onset of the illness showed a short-term memory deficit (verbal span and visuospatial span), dyscalculia, severe constructional apraxia, diminished abstract visual reasoning (Raven), and limb apraxia when pantomiming the use of objects (previously correctly identified) upon verbal command and in imitation. He showed some perplexity and tried to cue himself with verbalizations, which were not helpful. This deficit seemed to affect his daily activities since P.F. complained about difficulties in brushing his teeth, getting dressed, and selecting the right utensil during meals. He also ceased to cook, an activity he had enjoyed before his stroke. Thus, limb apraxia, in this case, was not only apparent in the context of a laboratory setting, but also hampered the

patient's capacity to carry on everyday activities. He also noticed an occasional confusion between right and left while driving.

Consent for all testing was obtained from the patient in accordance with the declaration of Helsinki.

PRELIMINARY NEUROPSYCHOLOGICAL EVALUATION (see Table 1)

Our neuropsychological investigation was carried out in September 1994, nearly three years after the first clinical assessment. These results showed that his condition has been fairly stable since 1992 (see Table 1). Linguistic functions were evaluated by a speech pathologist with the MT-86 β Montréal-Toulouse Aphasia Battery (Nespoulous et al., 1986) devised for the clinical assessment of adult French speakers with language disorders. The maximum score in a subtest corresponds to the number of stimuli in that subtest (1 point for each correct stimulus). General intellectual ability was assessed with Raven's colored progressive matrices (Raven, 1947). Visuo-perceptual and visuo-constructive abilities were assessed using four subtests: a visual discrimination task (Agniel et al., 1987), a semantic picture-matching task (Agniel et al., 1987), the Bells Cancellation Task (Gauthier et al., 1989), and a copy of the Rey-Osterrieth Complex Figure (ROCF) (Rey, 1964). Assessment of memory function involved four subtests: Visual Reproduction (Wechsler, 1969), Digit Span from the WAIS-R (Wechsler, 1981), Corsi Visual Span (see Milner, 1971) and the Warrington Face Recognition Task (Warrington & James, 1967). Praxis was assessed with parts of the CHCN Apraxia Battery as a screening test (Ska et al., 1994).

TABLE 1. Preliminary Neuropsychological Assessment

Test	Clinical features	Cut-Off
Aphasia Battery (MT-86)		
Spontaneous speech	fluent	
Auditory comprehension	24/38	33
Naming	16/31	24
Writing to dictation	6/31	24
Verbal repetition	12/33	24
Reading	21/33	24
Calculation	2/15	10
Edinburgh Handedness Inventory	+ 100	right-handed
Raven's Colored Progressive Matrices	19	30th percentile
Visuoperceptual and visuoconstructive abilities		
Visual form discrimination	11/12	9
Visual gnosis (semantic knowledge)	11/12	9
(functional knowledge)	11/12	9
Cancellation task	34/35	31
ROCF	16	27
Right-left differentiation	9/10	
Somatognosia (pointing)	10/10	
Limb praxis		
Pantomime on verbal command	2/10	
Pantomime in imitation	3/10	
Symbolic gestures on verbal command	9/10	
Attentional and memory tasks		
Immediate memory	Digit forward = 3	Corsi span = 4
Face memory (Warrington)	38/50	10th percentile
Wechsler visual reproduction (immediate)	4	16th percentile

All tasks involving auditory input without any situational context (such as repetitions and arbitrary instructions) were severely impaired compared to functional verbal comprehension in spontaneous speech and picture-word matching tasks. Writing (copying and dictation) was still impaired, with substitution errors in copying tasks and neologisms in dictation. Since his ability to pantomime the use of objects on verbal command and in imitation was still poor, and he reported still having some difficulties carrying on daily activities, a more detailed investigation of praxis was undertaken to assess the nature of this persistent apraxia.

EXPERIMENT 1

In the first experiment, we assessed P.F.'s ability to make different types of gestures (transitive, symbolic, meaningless) depending on the modality of input (verbal command, imitation, and photograph of object).

METHODS

This investigation was undertaken in two sessions distributed over two weeks in 1994 and in 1996. The tasks were presented in an order designed to avoid a practice effect (first session: verbal command, imitation of meaningless gestures; last session: pantomime for photos of objects, imitation of pantomime and symbolic gestures). The examination of praxis with the CHCN Apraxia Battery (Ska et al., 1994) included the testing of pantomimes, symbolic gestures and meaningless gestures performed with

both the right and left hands. Items were controlled for unimanual or bimanual gestures, and for intrapersonal or extrapersonal space gestures. Meaningless gestures corresponded either to a single gesture or to a sequence of manual gestures. Pantomimes (n=18) were executed in response to verbal commands, in imitation of models presented by the examiner, and for photos of objects correctly named by P.F.. Two aspects of the execution of pantomime were rated separately: (1) the shape of the hand, corresponding to the form of the object for pantomimes of use, and (2) the movement and respect of the temporospatial component of the gesture. For instance, for a verbal request such as "Show me how you brush your teeth", score 1 corresponded to the shape of the hand holding the toothbrush, and score 2 to the movement and position of the hand with respect to the mouth while brushing the teeth. Scoring of each aspect was binary (0 or 1) and the maximum score was thus 36. Prior to testing, the examiner explicitly instructed P.F. that, as he pantomimed the transitive gestures, he should pretend he had the actual tools or objects in his hand. He was re-instructed for the two first examples only when he made a body part as object (BPO) response and not for subsequent BPO responses.

Symbolic gestures (n=15) were executed on verbal command and in imitation, with the same scoring procedure as described above for pantomime. The highest score for symbolic gestures was thus 30. Meaningless gestures (n=13) were performed in imitation only and the scoring took into account four parameters: (1) hand shape (for each hand),

(2) spatial orientation of the hand, (3) position of the body part, (4) laterality (maximum score of 52).

The testing sessions were videotaped for detailed analysis of the performances. Videotaped gestures were rated by two judges who reviewed them until they were in full agreement. Thirteen normal elderly subjects were recruited through a list of volunteers from the Montreal Geriatric Institute. All subjects were native speakers of French and performed normally on an extensive neuropsychological battery. The mean age of these elderly subjects was 72.0 years (range = 66-79) and their mean education level was 10.0 years (range = 6-12).

RESULTS

The results of Experiment 1 are given in Figures 2 and 3. Standardized scores (z-scores) were used to compare P.F.'s performance to the mean and standard deviation for the control group. Scores greater than two standard deviations were considered significantly different from the controls. P.F.'s performance at pantomiming the use of objects in all input modalities was significantly impaired in 1994 (verbal command, z-score = -5.39; imitation, z-score = -12.15; photo, z-score = -4.62) compared to the performances of the elderly controls (see Fig. 2). His pantomiming performance for all tasks was also significantly impaired in 1996 (verbal command, z-score = -10.72; imitation, z-score = -9.15; photo, z-score = -9.32). His scores for pantomiming verbal commands and photos of objects were lower in 1996 than in 1994. Figure 3 shows that P.F.'s performance in the imitation of meaningless

gestures was significantly impaired in 1994 (z -score = -4.08) and showed a significant trend in 1996, suggesting a slight difficulty in reproducing new gestures with both hands. For example, the imitation of two rings of a chain, made by touching the thumb and index finger of each hand, was executed by forming a ring with each hand and then putting one ring in the hole created by the other hand instead of intertwining the two rings. Otherwise, there was no significant deterioration in the production of symbolic gestures upon verbal command and in imitation over time.

Figure 2. Performance in pantomime of use

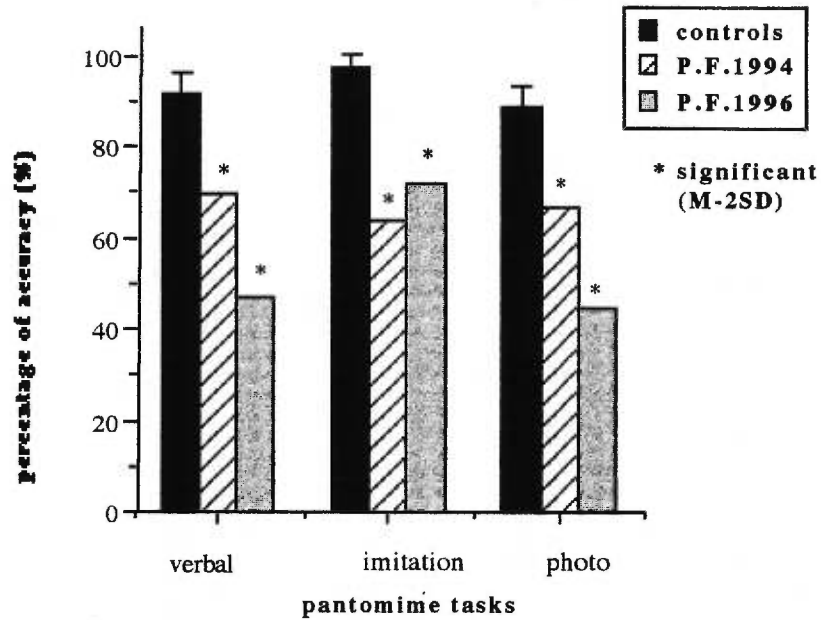


Figure 3. Performance in executing symbolic and meaningless gestures

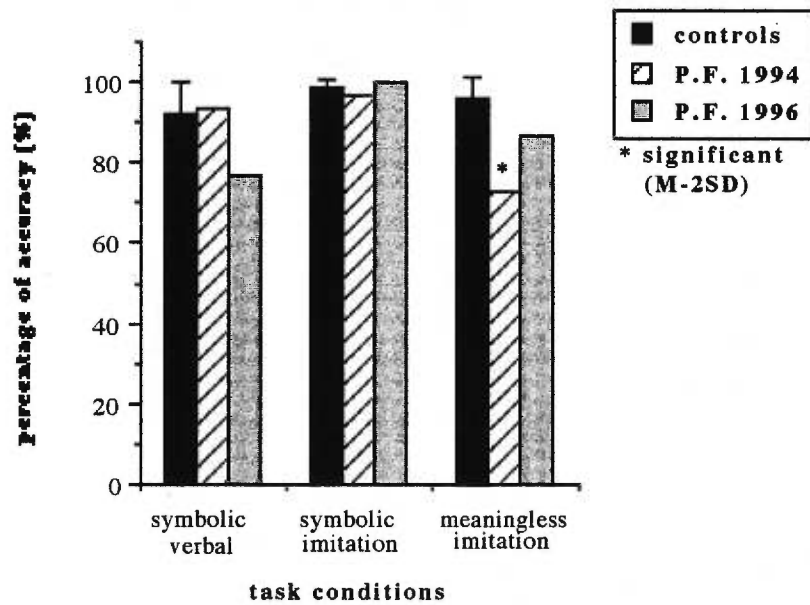


Table 2 shows a qualitative analysis of errors in the three pantomime conditions across time. Results showed that, overall, P.F. made more praxic errors in 1996 than in 1994 (total errors in 1994 = 36, in 1996 = 49). He consistently made more form errors than movement errors at both testing sessions, that is, he often used his hand as the object (body part as object error or BPO, see Goodglass & Kaplan, 1963) or the shape of his hand was incorrect to pantomime the object (e.g. his left fist became the hammer and his right fist was the nail when pantomiming "to nail down a nail with a hammer"). However, the error pattern across conditions revealed improved imitation in 1996 compared to his performance in 1994, whereas performance in response to verbal and visual input decreased in 1996. There was no significant difference between P.F.'s performance with his right and left hand in all conditions (total errors with right hand = 21, total errors with the left hand = 28 in 1996). It is also interesting to note that P.F.'s pantomiming impairment was manifested more often during the execution of movements involving the conceptualization of gestures in extrapersonal space (total errors occurring in extrapersonal space = 35, intrapersonal space = 13 in 1996).

TABLE 2. Relations between pantomime modalities and frequency of errors made by P.F. in 1994 and in 1996

Tasks	Error of form (1)			Error of movement (2)			Total		
	C*	94	96	C*	94	96	C*	94	96
Verbal	(2.2)	7	12	(0.5)	4	7	(2.7)	11	19
Imitation	(0.3)	10	7	(1.2)	3	3	(1.5)	13	10
Photo	(0.2)	10	11	(0.5)	2	9	(0.6)	12	20
Total	(2.7)	27	30	(2.1)	9	19	(4.8)	36	49

* Mean error of the group of elderly controls (n=13)

DISCUSSION

Three conclusions can be made on the basis of the findings of Experiment 1. First, the results show a striking dissociation between P.F.'s inability to pantomime the use of objects and his preserved ability to make symbolic and meaningless gestures. Thus, P.F. cannot be said to have a general deficit in programming actions. Second, his problem seems to be specific to gestures involving the use of objects, i.e. transitive gestures, and this is true for both sessions. Finally, his deficit is not modality-specific since his pantomiming performance is impaired in all the modalities tested. This dissociation between his defective performance of transitive gestures and preserved performance of intransitive gestures is incompatible with two-stage models of apraxia which postulate that a defective production system should affect the imitation of all types of gestures equally since this system

represents a final common path that transforms each gesture into motor action.

Qualitatively, P.F. made more form errors, i.e. either an assimilation (BPO) or an inappropriate form of the hand for the use of the object, at both sessions. His performance supports previous findings (Raymer et al., 1997) showing that left hemisphere brain-damaged patients do not modify a BPO response even after explicit re-instruction, as controls do easily. According to Goodglass & Kaplan (1963), BPO responses may permit the aphasic to evade the difficult task of executing a gesture outside of the concrete context which ordinarily elicits it. BPO responses may therefore be interpreted as due to a loss of "symbolic formulation" (De Ajuriaguerra et al., 1960). However, this failure occurred more frequently with transitive gestures in extrapersonal space which involved an imaginary reaching or grasping gesture. Thus, P.F.'s deficit is not due to a disturbance of body schema, as proposed for ideomotor apraxia (Hécaen, 1968; De Ajuriaguerra et al., 1960), but rather to a disturbance in gesturing toward objects. According to Jeannerod (1988), the coordinate system controlling finger movements is not centered on the body but on the object, whatever the position of the hand may be in relation to the body. Also, P.F. produced almost twice as many errors of form in the verbal and photo conditions than imitation, suggesting that imitation slightly improved his performance by showing him a visual representation of the transitive gestures. Thus, we believe BPO errors may be a consequence of a failure to activate the representation of the precise hand positioning appropriate to the imaginary object. Overall, the

findings revealed a slight deterioration in P.F.'s ability to pantomime in response to verbal commands and photos of objects whereas there was an improvement in his ability to imitate meaningless gestures. This improvement in imitation might indicate a compensatory use of the functional non-semantic route between the visual system and premotor cortex (Rothi et al., 1991).

The fact that P.F. was able to name or verbally describe the functions of the objects used in the assessment of pantomimes with photos indicates that he had access to some conceptual information about objects from visual input. Furthermore, his relatively preserved ability to execute symbolic gestures upon verbal request indicated an access to conceptual information from auditory input and also a functional route to implement intransitive gestures from the conceptual system to the production system according to the cognitive model of praxis (Rothi et al., 1991). One might argue that he failed to make transitive movements because this represents a more complex task (i.e. highly artificial and less automatized) than performing symbolic gestures, since it requires the integration of intrapersonal space with a representation of extrapersonal space (Haaland & Flaherty, 1984). However, P.F. was able to reproduce meaningless movements, which were strictly non-automatized and very complex because he had to transpose the same laterality used by the examiner.

Another hypothesis is that P.F. has lost or impaired access to the visuokinesthetic engrams (i.e., spatiotemporal coordinates of gestures

guiding the motor system, see Heilman & Rothi, 1982) related to object use. P.F.'s gesture production deficit suggests that these praxis representations may have been damaged by lesions to the parietal lobe where these engrams may be located (Roland et al., 1980; Rothi et al., 1991). According to Heilman & Rothi (1982), apraxic subjects with parietal lesions, but not those with anterior lesions, demonstrate an impairment of these engrams and show deficits in recognizing and discriminating gestures. Bergego et al. (1992) reported two patients with severe deficits in object use, impairing daily activities. In the first case, the results showed a dissociation between almost perfect recognition of transitive gestures and impaired real use, suggesting a disconnection between the engrams and the production system. In the second case, both recognition and use were impaired, suggesting a loss of knowledge about tool use or a loss of the visuokinesthetic engrams.

Since P.F.'s left parietal stroke could have interrupted the pathways or neural networks necessary to discriminate among complex gestures, we assessed his ability to recognize and discriminate among different types of gestures in Experiment 2.

EXPERIMENT 2

METHODS

In Experiment 2, we administered the CHCN Gesture Recognition Test (Rock & Ska, 1994) which included five tasks to assess P.F.'s ability to recognize gestures under different conditions. His performance was compared to that of a group of 14 normal elderly subjects. The mean age of the elderly subjects was 73.4 years (range = 66-79) and their mean education level was 11.0 years (range = 6-12). Gestures were presented on videotape (RCA 16 X 12 monitor) and each item showed a person performing the same gesture twice. An example always preceded the test items.

In task 1, P.F. was asked to say whether the gesture was meaningful or meaningless. Thirty-two gestures were used for this task. Meaningful gestures (n=16) were divided into symbolic gestures (n=8) and pantomimes of use (n=8), whereas meaningless gestures were divided into static gestures (n=8) and sequences of movements (n=8). In task 2, P.F. was asked to recognize the correct pantomime from among two pantomimes of use of the same object. Twelve pairs of pantomimes were presented and the distractors were balanced according to orientation errors (n=6) and prehension errors (n=6). For example, the first gesture showed a person painting a wall correctly pantomiming the use of a brush, whereas the second gesture showed exactly the same situation with an incorrect prehension of the brush. The same procedure was administered with symbolic gestures (n=6). Task 3 consisted of 24 pairs of gestures (symbolic

and pantomime of use) and was intended to evaluate the judgment of similarity. P.F. saw two different persons performing a gesture and was asked to determine whether they were performing the same action or not. In task 4, 18 pairs of pantomimes of use and 18 objects were shown. First, P.F. saw an object on the monitor followed by two pantomimes of use, one of which was correct for the object while the other was not associated with the target. P.F. was asked to determine which action was associated with the object previously shown. The same procedure was used for recognition of symbolic gestures (n=6) but the targets were presented orally by the examiner. Finally, in task 5, P.F. was presented with 20 gestures (symbolic and pantomime) to be identified verbally (naming or circumlocutions). Presentation time of the items varied between 5 and 10 seconds depending on the requirements of the recognition task (using one gesture, two gestures or object and gestures) There was no time limit to answer, but P.F. generally answered in less than 20 seconds. Scoring of each item in all tasks was binary (1 or 0) and the total score represented the number of items correctly answered.

RESULTS

P.F.'s performance in the Gesture Recognition Test showed that he could recognize and discriminate both pantomimes and symbolic gestures, sometimes more accurately than the age-matched controls. Specifically, he could tell whether a gesture was meaningful or meaningless (task 1; z-score= -1.00), and discriminate the correct pantomime for the use of objects

(task 2; z-score= 0.11). Thus, he detected the foils involving orientation and prehension errors of the hand, thereby suggesting intact visuokinesthetic representations of pantomime. He also demonstrated an intact ability to select the correct pantomime of use associated with an object that he had previously been shown (task 4; z-score= 0.67). He correctly identified most of the gestures presented, either by naming or by verbal circumlocutions since he was anomic (task 5; z-score= -1.01). However, he experienced a slight non-significant difficulty with the judgment of similarity test (task 3; z-score= -1.83). This result might be attributed to the complexity of the task in terms of demand on working memory (he had to remember the visuomotor elements and goal of the first gesture in order to compare it with the gesture performed by the second person), visuoperceptual analysis, and reasoning.

DISCUSSION

According to the model of praxis processing, these results suggest that the input action lexicon (e.g. movement memories) is functional because P.F. can use his internal representations of gestures in memory to correctly discriminate transitive gestures. His knowledge of the action associated with an object, or action semantics, also seems to be preserved when he does not have to produce the gesture himself. This might suggest that the representations of transitive gestures are somewhat disconnected from the motor association cortex. These results contradict Heilman & Rothi's (1982) conclusion that apraxics with posterior lesions or fluent aphasia have difficulty discriminating among gestures.

Ochipa et al. (1997) describe the case of GW, who had focal atrophy of the parietal lobes and was unable to perform transitive gestures in any modality (verbal, visual, imitation). Like P.F., she retained the ability to discriminate and name transitive gestures, suggesting that input representation for praxis was preserved. A detailed evaluation of the conceptual praxis system (i.e. knowledge of tool use and action) revealed that GW had intact semantic knowledge of the functions and associative relationships afforded by tools and objects. Given the specificity of P.F.'s deficit affecting the execution of transitive gestures versus his preserved ability to recognize them, Experiment 3 was designed to assess the integrity of his knowledge of tool use, or conceptual system. These tasks also allowed us to evaluate whether his performance improved when he handled real tools.

EXPERIMENT 3

The study was designed to investigate the conceptual action system by testing different aspects of action knowledge. If P.F. had a conceptual disorder, one would expect to see content errors in actual tool use, such as perplexity, unrecognizable movements or substitution errors. Given that previous investigators have reported that patients with an impairment in pantomiming the use of objects also display an impairment handling real tools (Hécaen, 1972; Sirigu et al., 1995), it was important to assess his performance in the actual manipulation of tools.

METHODS

First, the Action Naming Test (Obler & Albert, 1980) was administered as a measure of the ability to label actions verbally. P.F. was asked to name 63 pictures depicting different actions. We then used subtests from the Assessment for Conceptual Apraxia (Ochipa et al., 1992) to assess PF's action knowledge associated with tools or objects in 1994 and 1996. To assess for content errors, 12 common tools and their corresponding objects were selected (two demonstration and 10 test items) according to the protocol of Ochipa et al. (1992). Before administering the test, we asked P.F. to point to tools named by the examiner (10/10), to point to tools described by their function (10/10), to name tools (6/10) and describe their function (5/10), to discriminate tools by tactile (10/10) and auditory input (9/10), and to distinguish real tools from fake tools (14/15) (Carelman, 1969).

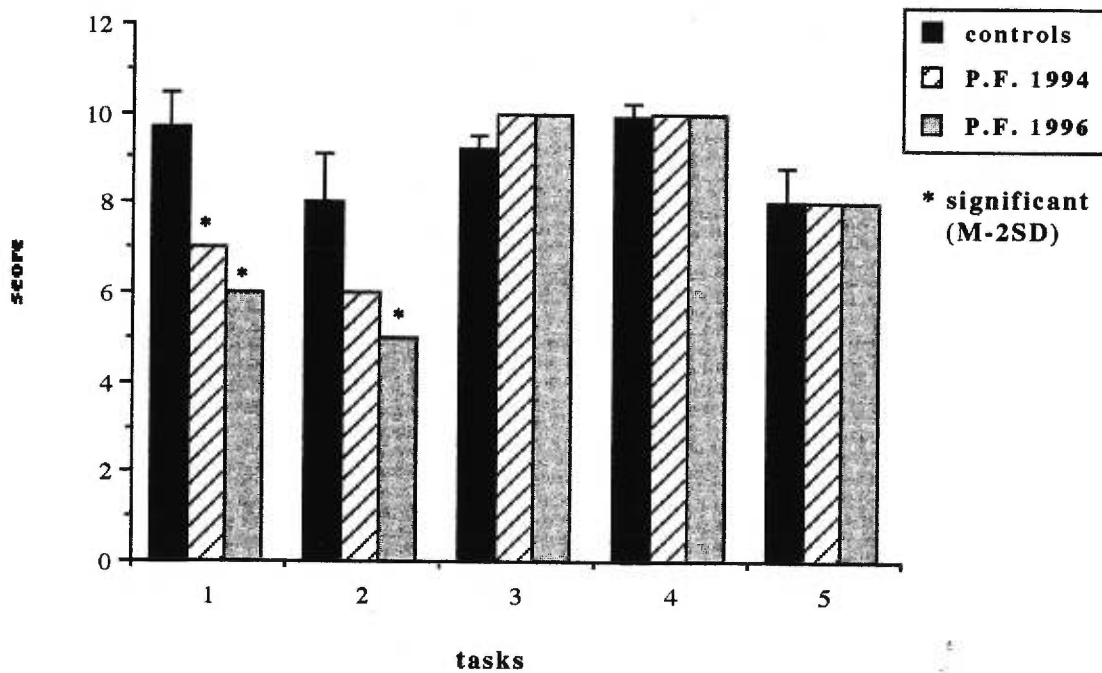
The experiment was divided into five subtests: (1) Demonstration of tool use holding the actual tool ("Take this tool in your hand and show me how you would use it"). (2) Demonstration of tool use with only the object present; P.F. was presented with a partially complete task (e.g. a nail that had been partially driven into a board) adjacent to a corresponding completed version (e.g. a nail completely driven into a board) that served to identify the goal of the task ("Show me—without the tool—how you would finish this task, as if you were really handling a tool"). (3) Demonstration of tool use with both the tool and the object present ("Show me how to use this tool to finish this task"). (4) Selecting the correct tool from an array of five for task completion ("Show me which tool is the most appropriate to complete the task"). (5) Selecting an alternative tool that could complete the task in the same way as the usual tool (the experimenter removes the appropriate tool then says "Show me the tool which would be best to complete the task"). The five tasks were administered in one session with a five-minute delay between subtests. A response was considered to have the correct content if the subject made a motion demonstrating knowledge of the type of action applied to the corresponding tool. The following responses were considered to contain content errors: tools not used (perplexity), unrecognizable movements (no content), movements incorrect for the tool in question but correct for another tool (substitution errors: related or unrelated content error). Production errors (content of movement recognizable and correct but poorly performed, e.g. assimilation, poorly executed and incomplete gestures) were also considered as incorrect performances in scoring and were recorded for further analysis.

RESULTS.

The results of the Action Naming Test showed an impaired performance in naming actions compared to the performance of age-matched controls (controls = mean: 56.2/63, SD = 3.6; PF = 38/63).

Figure 4 shows the results of the Conceptual Apraxia Battery. P.F. showed a significant impairment in his tool-object action knowledge compared to the elderly controls (n=13), as seen in task 1 (z-score in 1994=-3.59, in 1996=-4.92) and task 2 (z-score in 1996=-2.78).

Figure 4. Results of the Conceptual Apraxia Battery



In task 1, P.F. could not use a tool correctly even when holding it. When handling the tool, P.F. looked perplexed, turned it over in his hands and made several attempts that were poorly executed. He had insight into his deficit; he would handle the tool and say "This is not correct, is it?". He often showed an inappropriate hand posture and orientation to the tool in the form of a body part as tool (BPT) error.

Overall, he made mostly production errors (i.e. content of movement correct but poorly performed = 6 in 1994 and 13 in 1996), but also produced some content errors (i.e. perplexity and substitution errors = 3 in 1994 and 5 in 1996). Finally, he made more errors in 1996 than in 1994 (respectively 18 and 9), suggesting a deterioration in his praxic abilities, as shown in Experiment 1.

By contrast, his performance was normal when the task presented many contextual cues as was the case in the third condition, when both the tool and the object of the action were present. Furthermore, P.F. was able to select the correct tool from an array of five for task completion, which supposedly relies on tool-object associative knowledge (task 4). Finally, he correctly selected an alternative tool (task 5), suggesting a preserved knowledge of the mechanical advantages of tools.

DISCUSSION

P.F. showed a deficit in action naming that may be explained by his aphasia given that he was impaired in every verbal denomination task such as tool naming (6/10), tool function description (5/10) and object naming (16/31 in the preliminary examination). Moreover, he performed normally on tasks requiring him to identify and point to tools by their name or function upon command, which suggests a preserved conceptual knowledge of actions.

However, P.F. was unable to demonstrate tool use when holding the actual tool or with only the target object present. The fact that his performance was impaired in tasks 1 and 2 suggests a dysfunction of the output system for the production of transitive gestures instead of a conceptual defect since his performance was flawless on tasks involving conceptual knowledge of actions which did not require gesture production. Indeed, he showed a preserved knowledge of the mechanical advantages afforded by tools in tasks 4 and 5. Also, P.F. performed better than elderly controls in task 3, where he was asked to show the gesture of use with both the tool and the object of the action present. P.F.'s praxic ability was thus relatively functional when he was given several contextual cues and few gesture alternatives, as in the third condition. More specifically, the presence of the tool and the object that obligatorily receives its action offered fewer affordances (visual information said to "afford" particular categories of action and patterns of manual grasp, see Sirigu et al., 1995) than the

presentation of the tool alone or the object alone, as in the tasks that P.F. failed. This explanation has the advantage of accounting for his difficulties in using tools in daily life by postulating many competing affordances in certain situations. Another possible explanation for this performance difference is that tasks 1, 2 and 3 did not have the same demands and the mode of elicitation in task 3 (presentation of tool and object) was easier than tasks 1 and 2. In fact, Heilman & Maher (1997) found significant differences in performance between the tool-action (1) and the tool + object-action tasks (3), as well as between the object-action (2) and the tool + object-action tasks (3), within a left-hemisphere-damaged apraxic group, suggesting that these tests may be assessing different components of action knowledge. If so, one could postulate that P.F.'s decontextualized knowledge of action was selectively impaired (Roy & Square, 1985). However, this explanation does not seem appropriate since P.F. also experienced difficulty handling tools in natural contexts. Contextual clues have been described in the literature as both improving apraxic performance (Ochipa et al., 1989; Schwartz et al., 1995) and, in some cases, hampering it (Motomura & Yamadori, 1994).

P.F. made primarily BPO errors (in task 2) and, to a lesser degree, poorly executed gestures (e.g. disturbed spatiotemporal components). It has been proposed that even elderly normals make BPO errors which cannot be considered to be a pathological sign (Ska & Nespoulous, 1987; Duffy & Duffy, 1989). However, when P.F. first made a BPO error, he was explicitly instructed to pantomime the use of the imaginary tool as if he were really handling it; he proved unable to correct his subsequent gestures, thus

showing a pathological response according to Raymer et al. (1997). Furthermore, he made more BPO responses than the elderly controls. Finally, it is possible that some or all substitution errors represent perseverations of previous items since perseverative errors were not scored in these tasks. Overall, P.F. made more errors in 1996 than in 1994, suggesting a deterioration in his praxic abilities. This result might be attributable to the aging process, rather than an additional degenerative pathology, since P.F.'s level of cognitive functioning was found to be comparable by neuropsychological assessments; he even showed considerable improvement in his speech abilities (spontaneous speech, verbal comprehension).

A qualitative analysis of P.F.'s performance on the Conceptual Apraxia Battery suggests a deficit in the production of gestures rather than a conceptual defect since he showed preserved associative and mechanical knowledge of tools when he did not have to manipulate them. Also, he made mostly production errors during the gesture production tasks. The results of Experiment 3 support the findings of Experiment 1 in showing a deficient production of transitive gestures in all elicitation conditions, even when handling the actual tools. Unfortunately, repeated sampling of tool use in P.F.'s natural environment was beyond the scope of the present study. However, anecdotal evidence collected from P.F. reveals that he still experienced difficulty handling tools (using a can opener, for instance) three years post-onset.

GENERAL DISCUSSION

The case of P.F. shows an unusual dissociation between an impaired ability to execute transitive gestures in all modalities of elicitation (e.g. verbal commands, imitation and photos of objects) including tool manipulation, and a preserved ability to imitate symbolic and meaningless gestures. This comprehensively documented impairment persisted in the absence of any signs of degenerative cerebral disease. P.F.'s praxic errors manifested themselves as a failure to adopt the appropriate hand posture and orientation to use a tool and the incorrect orientation of the movement with respect to both the body and the target of the movement in extrapersonal space. However, his ability to discriminate and to comprehend pantomimes of use was normal, suggesting that the semantic representations of transitive gestures were intact. P.F.'s abstract knowledge of tool function and action were well preserved when tested in situations that did not require the actual use of tools or objects. Furthermore, he recognized the mechanical advantages afforded by tools since he could select the correct tool to complete a task and choose an alternative tool in absence of the one normally used for that particular task. These findings suggest that he did not suffer from conceptual apraxia. Finally, his capacity to use tools was normal when he was given a tool and the object of its action, i.e. in a contextualized condition that offered few alternatives or ambiguities. A pen, for example, almost compels a particular gesture since it affords few alternative possibilities for handling.

This pattern of deficits is atypical in that it includes classic features of both ideomotor apraxia (e.g. production errors, defective imitation of gestures) and ideational apraxia (e.g. deficit affecting tool use, some content errors), yet does not fit neatly into either category. Sirigu et al. (1995) also reported on a patient, L.L., whose main impairment was the manual prehension of objects during their use. But unlike P.F., L.L.'s difficulties were not limited to transitive gestures since she was impaired at making symbolic and meaningless gestures both on verbal command and in imitation. Also in contrast to P.F., L.L. was unable to visually discriminate the manual prehension pattern associated with object utilization, which was interpreted as an impairment of specialized representations for complex manual postures. This hypothesis cannot account for P.F.'s difficulties since he correctly discriminated the hand prehension associated with the use of a particular tool or object in Experiment 2.

According to the most frequently reported model of praxis production (Rothi et al., 1991), P.F.'s intact gesture comprehension and impaired imitation of transitive gestures can be accounted for by a dysfunction at some point after egress from the input action lexicon. Furthermore, his deficit in pantomiming transitive gestures cannot be explained by an impairment of the conceptual praxis system because he showed preserved knowledge of the functional relationship between tools and the objects they act upon, as demonstrated in Experiment 3. Therefore, according to this model, his impairment must be the result of a production system dysfunction. However, the model postulates that a defective production

system should affect the imitation of all types of meaningful gestures equally, since this system represents a final common pathway in the transformation of each gesture into motor action. P.F.'s performance is incompatible with this prediction because he could perform symbolic gestures perfectly in response to verbal commands.

The fact that P.F. was unimpaired in his discrimination of the correct manual prehension of tools during transitive pantomimes suggests that his transitive movement representations are preserved but inaccessible and thus cannot assist him in developing the production or output components of the object pantomimes. We therefore propose that P.F. is impaired at displaying the correct hand posture needed for holding and using tools because his transitive postural and movement representations are disconnected from the motor association areas. Such an impairment would also account for the disturbed spatiotemporal components and BPO errors during transitive gestures, being a consequence of the failure to implement the precise representation of the action associated with the imaginary object. From a neuroanatomical perspective, the posterior parietal cortex is known to be crucial for organizing object-oriented action, such as complex utilization gestures, and gestures guided by internal representation, like pantomimes of use (Sirigu et al., 1996; Jeannerod, 1994). The left inferior parietal lobule (Brodmann's areas 39 and 40) has been proposed to be a critical site containing the visuokinesthetic engrams (e.g. space-time coordinates of movements) responsible for providing the motor areas in both hemispheres with the information necessary for programming skilled

motor acts (Heilman et al., 1986). More specifically, the left SMA is thought to play a major role in programming transitive movements. Despite a large left posterior parietal lesion (Brodmann's areas 39, 40 and 7), PF's representations of gestures were preserved, suggesting that they may have been more diffusely or bilaterally represented. However, it is possible that the projection that links the superior parietal lobule to the premotor cortex and SMA has been disrupted, thereby disconnecting his intact representations of transitive gestures from the SMA, which should normally implement them in a complex transitive motor program (Watson et al., 1986). Thus, our findings also support the existence of a dissociation between an impaired dorsal system, important for controlling object-oriented actions, and a preserved ventral system, governing the semantic knowledge of objects.

P.F.'s selective deficit in pantomiming transitive gestures suggests that, instead of having one pathway that computes "meaningful gestures", the production system may be divided between two pathways, one for object-dependent gestures and one for gestures of communication. However, to our knowledge, there has been no report of a patient presenting the inverse dissociation, i.e. impairment of symbolic and meaningless gestures with preserved ability to pantomime transitive gestures. Such a profile would provide a double dissociation, supporting the hypothesis of a distinct representation or action lexicon for transitive gestures. Future studies will be directed towards further analyzing kinematics (e.g. disruption of timing, spatial relations, joint coordination

and grip formation) in the three-dimensional trajectories of skilled movements, such as tool use gestures, using digitalized analysis techniques (Poizner et al., 1990; Clark et al., 1994) to more clearly define the production of transitive gestures in apraxics and the contents of the gestural lexicon.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors wish to thank PF for his gracious cooperation in this study, Dr. F. Fontaine for referring PF to us and Dr. N. Trudeau for her assessment of his language. This work was supported by a doctoral scholarship from the Fonds pour la Formation des Chercheurs et pour l'Aide à la Recherche awarded to C. Dumont. We would like to extend our thanks to Drs. B. Croisile, D.N. Black and A.R. Lecours for providing helpful comments on a preliminary version of the paper.

FOOTNOTE

Correspondence to be addressed to either Catherine Dumont or Bernadette Ska, Centre de recherche de l'Institut de Gériatrie de Montréal, 4565 Queen-Mary Road, Montréal, Quebec, Canada H3W 1W5

Telephone: [REDACTED]
[REDACTED]

REFERENCES

- Agniel A, Joannette Y, Doyon B, Duchéin C. Protocole d'évaluation des gnosies visuelles Montréal-Toulouse (PEGV). Montréal: Laboratoire Th.-Alajouanine, Centre de recherche de l'Institut Gériatrique de Montréal, 1987.
- Assal G, Regli, F. Syndrome de disconnexion visuo-verbale et visuo-gestuelle. Aphasie optique et apraxie optique. *Revue Neurologique* 1980; 136: 365-376.
- Barbieri C, De Renzi E. The executive and ideational components of apraxia. *Cortex* 1988; 24: 535-543.
- Belanger SA, Duffy RJ, Coelho C. The assessment of limb apraxia: An investigation of task effects and their cause. *Brain and Cognition* 1996; 32: 384-404.
- Bergego C, Pradat-Diehl P, Deloche G. Apraxie idéatoire et reconnaissance de l'utilisation des objets. *Revue de Neuropsychologie* 1992; 2: 193-206.
- Brown JW. *Agnosia and apraxia: Selected papers of Liepmann, Lange, and Pötzl*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 1988.
- Carelman J. *Catalogue d'objets introuvables*. Paris: Éditions André Balland, 1969.
- Ceccaldi M, Poncet M, Gambarelli D, Guinot H, Bille J. Apraxie unilatérale gauche d'aggravation progressive dans deux cas de maladie d'Alzheimer. *Revue de neurologie* 1995; 151 (4): 240-246.
- Clark MA, Merian AS, Kothari A, Poizner H. Spatial planning deficits in limb apraxia. *Brain* 1994; 117: 1093-1106.
- De Ajuriaguerra J, Hécaen H, Angelergues R. Les apraxies. Variétés cliniques et latéralisation lésionnelle. *Revue Neurologique* 1960; 102: 566-594.
- De Renzi E. Methods of limb apraxia examination and their bearing on the interpretation of the disorder. In: Roy EA, editor. *Neuropsychological studies of apraxia and related disorders*. Amsterdam: North-Holland, Elsevier Science, 1985: 45-61.
- De Renzi E, Lucchelli F. Ideational apraxia. *Brain* 1988; 111: 1173-1185.

De Renzi E, Faglioni P, Sorgato P. Modality-specific and supramodal mechanisms of apraxia. *Brain* 1982; 105: 301-312.

De Renzi E, Motti F, Nichelli P. Imitating gestures: A quantitative approach to ideomotor apraxia. *Archives of Neurology* 1980; 37: 6-10.

Della Salla S, Lucchelli F, Spinnler H. Ideomotor apraxia in patients with dementia of Alzheimer type. *Journal of Neurology* 1987; 234: 91-93.

Duffy R, Duffy J. An investigation of body part as object (BPO) responses in normal and brain-damaged adults. *Brain and Cognition* 1989; 10: 220-236.

Gauthier L, Dehaaut F, Joanette Y. The Bells Cancellation Test. *International Journal of Clinical Neuropsychology* 1989; 11: 49-54.

Geschwind N. The apraxias: Neural mechanisms of disorders of learned movement. *American Scientist* 1975; 63: 188-195.

Goldenberg G, Hagmann S. The meaning of meaningless gestures: A study of visuo-imitative apraxia. *Neuropsychologia* 1997; 35: 333-341.

Goodale MA, Milner AD. Separate visual pathways for perception and action. *Trends in Neuroscience* 1992; 15: 20-25.

Goodale MA, Jakobson LS, Keillor JM. Differences in the visual control of pantomimed and natural grasping movements. *Neuropsychologia* 1994; 32: 1159-1178.

Goodale MA, Milner AD, Jakobson LS, Carey DP. A neurological dissociation between perceiving objects and grasping them. *Nature* 1991; 349: 154-156.

Goodglass H, Kaplan E. Disturbance of gesture and pantomime in aphasia. *Brain* 1963; 86: 703-720.

Grèzes J, Costes N, Decety J. Top down effect of the strategy to imitate on the brain areas engaged in perception of biological motion: a PET investigation. *Cognitive Neuropsychology* 1998 (in press).

Haaland KY, Flaherty D. The different types of limb apraxia errors made by patients with left vs right hemisphere damage. *Brain and Cognition* 1984; 3: 370-384.

Hécaen H. Suggestions for a typology of the apraxias. In: Simmel ML, editor. *The reach of mind: Essays in memory of Kurt Goldstein*. New York: Springer Publishing Company Inc., 1968: 37-55.

Hécaen H. *Introduction à la neuropsychologie*. Paris: Larousse, 1972.

Heilman KM. Ideational apraxia: A re-definition. *Brain* 1973; 96: 861-864.

Heilman KM, Maher LM, Greenwald ML, Rothi LJG. Conceptual apraxia from lateralized lesions. *Neurology* 1997; 49: 457-464.

Heilman KM, Rothi LJG. *Clinical neuropsychology*. Oxford: Oxford University Press, 1994.

Heilman KM, Rothi LJG, Valenstein E. Two forms of ideomotor apraxia. *Neurology* 1982; 32: 342-346.

Heilman KM, Rothi LJG, Mack L, Feinberg T, Watson RT. Apraxia after a superior parietal lesion. *Cortex* 1986; 22: 141-150.

Jeannerod M. The formation of finger grip during prehension: A cortically mediated visuomotor pattern. *Behavioral Brain Research* 1986; 19: 99-116.

Jeannerod M. *The neural and behavioural organization of goal-directed movements*. Clarendon Press, 1988.

Jeannerod M. The representing brain: Neural correlates of motor intention and imagery. *Behavioral and Brain Sciences* 1994; 17: 187-245.

Jeannerod M, Arbib MA, Rizzolatti G, Sakata H. Grasping objects: The cortical mechanisms of visuomotor transformation. *Trends in Neurosciences* 1995; 7: 314-316.

Lehmkuhl G, Poeck K. A disturbance in the conceptual organization of actions in patients with ideational apraxia. *Cortex* 1981; 17: 153-158.

Mehler MF. Visuo-imitative apraxia. *Neurology* 1987; 37: 129.

Milner B. Interhemispheric differences in the localization of psychological processes in man. *British Medical Bulletin* 1971; 27: 272-277.

Motomura N, Yamadori A. A case of ideational apraxia with impairment of object use and preservation of object pantomime. *Cortex* 1994; 30: 167-170.

Mozaz MJ. Aspectos semiologicos de las apraxias de los miembros superiores. *Resum de la tesi per assolir el grau de Doctor en Psicologia*. Universitat de Barcelona, Centre de Publicaciones, 1986.

Mozaz MJ. Ideational and ideomotor apraxia: A qualitative analysis. *Behavioural Neurology* 1992; 5: 11-17.

Nadeau SE, Roeltgen DP, Sevush S. Apraxia due to pathologically documented thalamic infarction. *Neurology* 1994; 44: 2133-2137.

Nespoulous JL, Lecours AR, Lafond D, Lemay A, Puel M, Joannette Y et al. Protocole d'examen linguistique de l'aphasie. Montréal: Laboratoire Th.-Alajouanine, Centre de recherche de l'Institut de Gériatrie de Montréal, 1986.

Obler LK, Albert ML. Language and communication in the elderly. Lexington, MA: Lexington Books, 1980.

Ochipa C, Rapcsak SZ, Maher LM, Rothi LJG, Bowers D, Heilman KM. Selective deficit of praxis imagery in ideomotor apraxia. *Neurology* 1997; 49: 474-480.

Ochipa C, Rothi LJG, Heilman KM. Ideational apraxia: A deficit in tool selection and use. *Annals of Neurology* 1989; 25: 190-193.

Ochipa C, Rothi LJG, Heilman KM. Conceptual apraxia in Alzheimer's disease. *Brain* 1992; 115: 1061-1071.

Pilgrim E, Humphreys GW. Impairment of action to visual objects in a case of ideomotor apraxia. *Cognitive Neuropsychology* 1991; 8: 459-473.

Poeck, K. Ideational apraxia. *Journal of Neurology* 1983; 230: 1-5.

Poeck K. The clinical examination for motor apraxia. *Neuropsychologia* 1986; 24: 129-134.

Poeck K, Lehmkuhl G. Ideatory apraxia in a left-handed patient with right-sided brain lesion. *Cortex* 1980; 16: 273-284.

Poizner H, Mack L, Verfaelli M, Rothi LJG, Heilman KM. Three-dimensional computergraphic analysis of apraxia. *Brain* 1990; 113: 85-101.

Rapcsak SZ, Ochipa C, Beeson P, Rubens A. Praxis and the right hemisphere. *Brain and Cognition* 1993; 23: 181-202.

Rapcsak SZ, Ochipa C, Anderson KC, Poizner H. Progressive ideomotor apraxia: evidence for a selective impairment of the action production. *Brain and Cognition* 1995; 27: 213-236.

Raven JC. *Colored progressive matrices Sets A, Ab, B*. London: H.K. Lewis, 1947.

Raymer AM, Maher LM, Foundas AL, Heilman KM, Rothi LJG. The significance of body part as tool errors in limb apraxia. *Brain and Cognition* 1997; 34: 287-292.

Rey A. *L'examen clinique en psychologie*. Paris: Presses Universitaires de France, 1964.

Rock I, Ska B. *Protocole d'évaluation de la reconnaissance de gestes*. Montréal: Laboratoire Th.-Alajouanine, Centre de recherche de l'Institut de Gériatrie de Montréal, 1994.

Roland PE, Skinhoj E, Larsen B, Lassen NA. Different cortical areas in man in organization of voluntary movements in extrapersonal space. *Journal of Neurophysiology* 1980b; 43: 137-150.

Rothi LJG, Ochipa C, Heilman KMA. Cognitive neuropsychological model of limb praxis. *Cognitive Neuropsychology* 1991; 8: 443-458.

Roy EA, Square PA. Common considerations in the study of limb, verbal and oral apraxia. In: Roy EA, editor. *Neuropsychological studies of apraxia and related disorders*. *Advances in psychology*, v. 23. Amsterdam: North-Holland, 1985: 111-157.

Schwartz MF, Montgomery MW, Fitzpatrick-DeSalme EJ, Ochipa C, Coslett HB et al. Analysis of a disorder of everyday action. *Cognitive Neuropsychology* 1995; 12: 863-892.

Sirigu A, Cohen L, Duhamel JR, Pillon B, Dubois B, Agid Y. A selective impairment of hand posture for object utilization in apraxia. *Cortex* 1995; 31: 41-55.

Sirigu A, Duhamel, JR, Cohen L, Pillon B, Dubois B, Agid Y. The mental representation of hand movements after parietal cortex damage. *Science* 1996; 273: 1564-1568.

Sirigu A, Grafman J, Bressler K, Sunderland T. Multiple representations contribute to body knowledge processing. *Brain* 1991; 114: 629-642.

Ska B, Daigle MA. A longitudinal study of apraxia in a case of primary progressive aphasia. *Brain and Cognition* 1996; 32: 106-108.

Ska B, Nespoulous JL. Pantomimes and aging. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology* 1987; 9: 754-765.

Ska B, Caramelli P, Croisile B, Fontaine FS, Gilbert B, Pineau H et al. Protocole d'évaluation de la production des gestes. Montréal: Laboratoire Th.-Alajouanine, Centre de recherche de l'Institut de Gériatrie de Montréal, 1994.

Warrington E, James M. An experimental investigation of facial recognition in patients with unilateral cerebral lesions. *Cortex* 1967; 3: 327-26.

Watson RT, Fleet WS, Rothi LJG, Heilman KM. Apraxia and the supplementary area. *Archives of Neurology* 1986; 43: 787-792.

Wechsler D. Manuel de l'échelle clinique de mémoire de Wechsler. Paris: Éditions du Centre de Psychologie Appliquée, 1969.

Wechsler D. Wechsler Adult Intelligence Scale – Revised. New York: Psychological Corporation, 1981.

Article n° 2

**Conceptual Apraxia and Semantic Memory Deficit
in Alzheimer's Disease: Two Sides of the Same Coin?**

Catherine Dumont^{1,2}, Bernadette Ska^{1,3} & Yves Joanette^{1,2,3}

¹ Centre de recherche de l'Institut Universitaire de Gériatrie de Montréal.

² Groupe de Recherche en Neuropsychologie Expérimentale, Université de Montréal.

³ École d'orthophonie et audiologie, Faculté de Médecine de l'Université de Montréal.

(1999). JOURNAL OF THE INTERNATIONAL
NEUROPSYCHOLOGICAL SOCIETY
(soumis)

Abstract

This study was designed to examine the patterns of apraxic disturbances and the relationships between action knowledge and other measures of semantic knowledge about objects in 10 well-characterized Alzheimer's disease (AD) patients. Five tasks were used to assess components of action knowledge (action-tool relationships, pantomime recognition and sequential organization of action) and praxis execution (actual use, pantomiming) according to the cognitive model of praxis (Rothi et al., 1991). Three tasks (verbal comprehension, naming and a visual semantic matching task) were used to assess verbal/visual semantics. Considering patterns of apraxia first, conceptual apraxia was found in 9 out of the 10 AD patients, suggesting that it is a common feature even in the early stages of AD. Second, we found partly parallel deficits in tests of action-semantic and verbal/visual semantic knowledge in 9 AD patients. Impaired action knowledge was found only in patients with a semantic language deficit. These findings provide no evidence that "action semantics" may be separated from other semantic information. Our results support the view of a unitary semantic system, given that the representations of action-semantic and other semantic knowledge of objects are often simultaneously disrupted in AD.

Key Words: conceptual apraxia, semantic memory, Alzheimer's disease

Introduction

Limb apraxia is traditionally defined as a disorder of learned skilled movement that cannot be explained by an elemental motor deficit, intellectual deterioration, lack of understanding or uncooperativeness (Heilman & Rothi, 1994). It may constitute one of the clinical signs of Alzheimer's disease (AD), as exemplified in the seminal paper by Alois Alzheimer (reprinted in 1977). But, even though apraxia is common in AD and there is evidence that patients who develop apraxia may decline more rapidly than those who do not develop this symptom (Yesavage et al., 1993), there are few systematic studies on the nature of praxis dysfunction in AD. A growing literature on the subject describes an early impairment of semantic memory in AD which is hypothesized to underlie deficits in the production of both language and meaningful gestures such as pantomimes (Bayles & Kasniak, 1987; Kempler, 1988). However, this unitary view is challenged by others (Shallice, 1988; Rothi et al., 1991; Ochipa et al., 1992), who claim that semantic memory can be subdivided into different subsystems: the semantic knowledge of action necessary for executing pantomime and object use (action semantics) and a second, separate, verbal semantic system.

Thus, the relationship between action knowledge and verbal semantic deficits in AD is still a matter of debate. This study was designed to assess whether the action-semantic system can be dissociated from

impairment of the verbal semantic system in AD patients through systematic analysis of profiles of limb apraxia.

Recent studies of apraxia have shown that AD patients display heterogeneous patterns of praxis deterioration and that limb apraxia occurs at different stages of the disease (Pena-Casanova & Bertran-Serra, 1993). Two types of limb apraxia have been consistently reported in AD: ideomotor apraxia (IMA) (Foster et al., 1986; Rapcsak et al., 1989) and conceptual apraxia (CA) (Benke, 1993; Ochipa et al., 1992; Lucchelli et al., 1993). IMA is defined as a difficulty in making gestures, attributable to an inability to translate the conceptual elements of a motor sequence into the correct motor action (Heilman et al., 1982). CA is defined as a failure to mentally evoke the gestures associated with an object, which results in difficulty in handling objects or carrying out complex goal-directed activities (e.g. cooking). The term "conceptual apraxia" was created to describe only apraxia resulting from an impaired knowledge of action (Ochipa et al., 1992) rather than the sequencing deficit defining ideational apraxia (IA) (Poeck, 1983). We will use the term CA instead of IA because it acknowledges the fact that apraxics may also make errors using a single object (De Renzi & Lucchelli, 1988; Ochipa et al., 1989). Patients showing CA without concurrent IMA have been reported in the early to moderate stages of AD, suggesting that some apraxic AD patients have more of a conceptual than an ideomotor defect (Pena-Casanova & Bertran-Serra, 1993; Lucchelli et al., 1993).

Cognitive models of praxis postulate two major components: the conceptual and production subsystems (Roy & Square, 1985; Rothi et al., 1991). The conceptual subsystem involves three kinds of knowledge (action semantics): knowledge of the function that tools and objects may serve, knowledge of actions independent of tools, and knowledge about the organization of single actions into sequences. The model proposes that pantomiming the use of objects requires access to a conceptual system where the functions and uses of an object are represented (Roy & Square, 1985). The production subsystem includes information contained in action motor programs and its translation into skilled motor performance. Studies of left-brain-damaged and AD patients have shown that the two subsystems involve distinct mechanisms and can be subject to separate damage in apraxics (Rapcsak et al., 1995; Heilman et al., 1997). A disruption of the production system, or ideomotor apraxia, is characterized predominantly by spatiotemporal errors (postural and spatial orientation and spatial movement) during the imitation of gestures (Heilman & Rothi, 1994). In contrast, a disruption of the conceptual system, or conceptual apraxia, creates primarily content errors (perplexity, misuse, unrecognizable movement) and is manifested by the incorrect selection and conceptually inappropriate use of objects or tools (Ochipa et al., 1992). It is hypothesized that the basic deficit underlying CA resides in the lack of access to the semantic system where the multiple features defining an object are stored, including the way it is used. A conceptual deficit was proposed for all of the 32 AD patients studied by Ochipa et al. (1992) on a battery assessing tool and action knowledge. AD patients differed from normal controls on at least one

measure of conceptual apraxia. The authors found that conceptual apraxia was not related to language impairment or to ideomotor apraxia, suggesting a selective deficit of "action semantics".

However, the notion of multiple semantic systems and the possibility of a separate action-semantic system are controversial (for a complete review see *Neurocase*, vol. 4, 1998). Neuropsychological evidence for multiple semantic subsystems comes from a number of different sources: optic aphasia, category-specific semantic loss, and dissociation of praxis and language in AD patients (Riddoch et al., 1988). Ochipa et al. (1992) and Raymer (1992) both support this notion of an action-semantic system that is at some level dissociable from other forms of semantic knowledge using different experimental paradigms in AD patients. Recently, Buxbaum et al. (1997) described two patients with degenerative disease: one, DM, had a loss of functional and associative knowledge, but remained able to use objects and perform more complex tests of action; the other, HB, exhibited the reverse pattern, i.e. an inability to perform action tasks but no impairment in semantic memory. The authors concluded that intact semantic memory for objects is neither necessary nor sufficient to ensure good object use when acting in the environment. Their findings supported the hypothesis that a sensorimotor pathway exists (from the visual structural descriptions of objects to the output action system) that bypasses the semantic system, as proposed by Riddoch et al. (1989). A recent case study of an AD patient (EJ), who showed impairment in object use also investigated the relations between object use and semantic memory (Moreaud et al., 1998). The

findings revealed no difference between EJ's semantic knowledge of objects correctly manipulated and objects incorrectly manipulated. These results suggested that semantic knowledge (including verbally expressed knowledge of object use) and object use are independent. However, no comparisons were made between EJ's poor performance in pantomiming the use of objects (to verbal and visual command) and his performance in the semantic knowledge tasks (naming, knowledge of use). Altogether, these data suggest that verbal semantic knowledge of objects is relatively independent from the action knowledge necessary for using them.

By contrast, other studies support the position of a unitary and amodal semantic system containing all semantic information about objects (Caramazza et al., 1990). Significant relationships between verbal semantic and pantomime impairment have been described in patients with AD (Taylor, 1994; Wang & Goodglass, 1992). For instance, Kempler (1988), in his study of apraxia in 8 AD patients, reported significant correlational and qualitative parallels between impairment in pantomimes of use and in verbal production and comprehension. The author suggested that lexical semantic representation may be intrinsically tied to representation of pantomimes since subjects showed impaired access in both types of representations. Rapcsak et al. (1989) studied apraxia in 28 patients with AD and found that conceptual apraxia in AD was always associated with poor verbal comprehension. A significant relationship between pantomimes of use and verbal semantics (naming and verbal comprehension) was also found in a group of 20 AD patients, along with gestural communication

impairments (Glosser et al., 1998; pg. no.13). The authors concluded that there was "a disruption of a common semantic system that might underlie the apparent associations of limb apraxia, communicative gestures, and language dysfunction in patients with AD." Finally, a recent study of conceptual apraxia by Heilman et al. (1997) in a group of 11 left-hemisphere-damaged apraxics revealed a significant correlation between verbal comprehension scores on the Western Aphasia Battery and each subtest of the conceptual apraxia battery, which was also used in the study by Ochipa et al. (1992) mentioned above. Thus, the absence of a significant correlation between verbal semantic impairment and conceptual apraxia in Ochipa et al.'s (1992) study may be confounded by the use of a brief verbal comprehension task, which was the only measure of verbal semantic integrity.

The results of previous studies of CA were limited by 1) few and overly broad tests of apraxia (often limited to only one test to diagnose limb apraxia, no testing of real use of objects), 2) insufficient number of stimuli to assess apraxia, 3) only one verbal measure of semantic knowledge (e.g. picture naming or verbal comprehension). We wanted to examine the relationship between measures of action-semantic knowledge and other measures of semantic knowledge while taking these possible confounding factors into account. If action semantics is part of the central semantic system, one would predict that AD patients who have conceptual apraxia will also display impairment on verbal semantic tasks. On the other hand, if action semantics is dissociable from other types of semantic knowledge

about objects, then some patients should have a conceptual apraxia without impairment of semantic knowledge. In order to test these hypotheses, we assessed conceptual praxis using a comprehensive apraxia battery and we examined various aspects of semantic knowledge using verbal and visual tasks with 10 AD patients. We also examined the patterns of apraxic disturbances for each patient.

Method

Participants: AD patients. Ten patients fulfilling the NINCDS-ADRDA criteria for clinical diagnosis of probable Alzheimer's disease (McKhann et al., 1984) participated in this study. All patients were right-handed. The mean age for the AD patient group was 77;8 (range, 71 to 83) and the mean education level was 9.1 years (range, 5 to 15). There were 9 females and 1 male. They met the following criteria: modified mini-mental examination scores (3MS) (Teng & Chui, 1987) higher than 50 (range, 51 to 72), adequate vision and hearing, cooperative, and consenting. The patients were screened with a neuropsychological battery to exclude any with visual agnosia. The patients' history was free of substance abuse, alcoholism, psychiatric episodes, head injury or other known neurological diseases.

Controls. The control group consisted of 27 neurologically and neuropsychologically intact, right-handed subjects. The mean age for the control group was 74;8 (range, 67 to 83) and the mean education level was 11.1 years (range, 5 to 17). Student's t-tests revealed non-significant

differences for age ($t = 0.10$, $df = 35$; $p > 0.05$) and schooling ($t = 0.06$, $df = 35$; $p > 0.05$) between the two groups.

All participants were administered a thorough neuropsychological examination (see Joannette et al. (1995), for a description). In the AD group, the results revealed mostly mild to moderate deficits on tests of memory, language, visual perception and constructive abilities, and conceptualization. A significant correlation between performance on the neuropsychological battery and performance on the experimental tasks was found ($\rho = 0.867$; $p < 0.01$), suggesting that the experimental tasks appropriately reflected the patient's global level of cognitive functioning. Neuropsychological test results are not listed in detail because they are not directly relevant to this investigation.

Statistical analyses were conducted on both groups for the variables of interest and also between the performance of each AD subject and the norm for each task established by the control group (M-2SD) to investigate for cases of dissociation.

Materials and procedure

Assessment of semantic knowledge

We used three tasks to test semantic memory: verbal comprehension (COM), naming (NAM) and a visual semantic matching task (VSM). The COM task assessed patients' ability to match a word or a short sentence with

a corresponding picture (max = 47). The NAM task consisted of asking the subject to name an object or category of objects represented in a picture (max = 31). The VSM task is meant to evaluate the ability to attribute a semantic value to a visually perceived object; this test is designed to examine the integrity of visual semantics. The patient was asked to match a picture with either a functionally related or a category-related picture target presented among perceptual and semantic foils.

Assessment of praxis (conceptual system and production system)

Five experimental tasks were chosen to assess both components proposed in the cognitive model of praxis (Rothi et al., 1991): the conceptual praxis system (gesture recognition task, assessment of conceptual apraxia, sequential task) and the production praxis system (CHCN apraxia battery, Multiple Object Test). Most of the tests employed have been described in detail elsewhere (Ska et al., 1994; Ochipa et al., 1992, De Renzi & Lucchelli, 1988; Lehmkuhl & Poeck, 1981) and were selected to facilitate comparisons across studies. Errors were computed for each task since both content and production errors can lead to an impaired performance in executing pantomimes or object use.

Assessment of the conceptual praxis system

First, the ability to comprehend pantomimes was assessed by means of a subtest from the **Gesture Recognition Task** (Rock & Ska, 1994). This test comprises 22 gestures (2 examples, 10 pantomimes of use and 10 symbolic

gestures) that are performed slowly by the examiner. A gesture may be repeated 3 times if necessary. The subject is asked to identify the presented gestures by naming or by showing understanding of them (e.g. circumlocutions were accepted). Each item is scored on a binary system (1 for a correct answer) and thus the maximum score for this task is 20.

Subtests from the **Assessment for Conceptual Apraxia** (Ochipa et al., 1992) were used to assess patients' action semantics associated with tools or objects. To assess for content errors, 12 common tools and their corresponding objects were selected (2 demonstration and 10 test items) according to the protocol in Ochipa et al. (1992). Before administering the test, all subjects were asked to point to tools named by the examiner to exclude visual agnosia and to ensure that they were familiar with the tools used. The experiment was divided into three parts: (A) Demonstration of tool use holding the actual tool ("Take this tool in your hand and show me how you would use it"). (B) Demonstration of tool use with only the object of the action present; patients were presented with a partially completed task (e.g. a nail that had been partially driven into a board) adjacent to a corresponding completed version (e.g. a nail completely driven into a board) which served to identify the goal of the task ("Show me—without the tool—how you would finish this task, as if you were really handling a tool"). (C) Demonstration of tool use with both the tool and the object present ("Show me how to use this tool to finish this task"). A response was considered to have the correct content if the subject made a motion demonstrating knowledge of the type of action applied to the corresponding

tool. The following responses were considered as content errors: tools not used (perplexity), unrecognizable movements (no content), movements incorrect for the tool in question but correct for another tool (substitution errors: related or unrelated content error). Production errors (content of movement recognizable and correct but poorly performed, e.g. poorly executed and incomplete gestures) were also considered as incorrect performances in scoring and were recorded for further analysis. We considered body part as object responses to constitute a partial ideational deficit because they may indicate different impairments of the propositional use of objects (Denny-Brown, 1958) or of differentiation between self and objects (Haaland & Flaherty, 1984).

We also assessed the action-semantic system with a **Sequential Task** devised by Lehmkuhl & Poeck (1981). This test evaluates the sequential organization of everyday actions and does not include the actual use of objects. The stimulus material consists of 8 sets of 5 to 7 photographs: each photograph portrays a well-defined stage of an everyday action. These actions were brushing teeth, opening a bottle of wine, preparing a cup of coffee, opening a tin and pouring the contents into a pot, telephoning, hanging a picture on the wall, and punching paper and putting it in a loose-leaf binder. The structure of the test material is illustrated in the original paper (Lehmkuhl & Poeck, 1981). In each set of photographs, the first picture of the sequence shows the objects needed to carry out the action. With the aid of this picture, the patient is made familiar with the action depicted in the sequence. He is then presented with the randomized arrangement of

pictures and is requested to put these in the correct sequence. The patient is free to either arrange the pictures himself or indicate to the examiner which one should come next. Performance was scored according to the number of sequential errors in each item.

Assessment of the production praxis system

The production system was assessed with three tests taken from the **CHCN Apraxia Battery** (Ska et al., 1994), which included the testing of pantomimes of use (n = 12), symbolic gestures (n = 9) and meaningless gestures (n = 13) performed with the dominant hand. The tasks were presented in an order designed to avoid a practice effect (first session: verbal command, imitation of meaningless gestures; last session: pantomime to photos of objects, imitation of pantomime and symbolic gestures). Items were controlled for unimanual or bimanual gestures, and for intrapersonal or extrapersonal space gestures. Meaningless gestures corresponded either to a single gesture or to a sequence of manual gestures. Pantomimes were executed in response to verbal commands, in imitation of models presented by the examiner, and in response to photos of objects. Two aspects of the execution of pantomimes were rated separately: (1) the shape of the hand and (2) the movement and respect of the spatiotemporal component of the gesture. For instance, for a verbal request such as "Show me how you brush your teeth," score 1 corresponded to the shape of the hand holding the toothbrush, and score 2 to the movement and position of the hand with respect to the mouth while brushing the teeth. Scoring of each aspect was

binary (0 or 1) and thus the maximum score was 24. Prior to testing, the examiner explicitly instructed all the subjects that, as they executed the pantomimes, they should pretend they had the actual tools or objects in their hand. Subjects were re-instructed only for the two first examples when they made a body part as object (BPO) response and not for subsequent BPO responses. Symbolic gestures were executed on verbal command and in imitation, with the same scoring procedure as described above for pantomime (max = 18). Meaningless gestures were performed in imitation only and the scoring took into account four parameters: (1) hand shape (for each hand), (2) spatial orientation of the hand, (3) position of the body part, (4) laterality (maximum score of 52). The testing sessions were videotaped for detailed analysis of the performances. Videotaped gestures were rated separately by two judges who reviewed them until they were in full agreement.

Finally, we also administered the **Multiple Object Test (MOT)** (De Renzi & Lucchelli, 1988) to assess the production of praxis in a more contextualized setting. Subjects were instructed to use real objects in 5 action sequences, as summarized in Table 1. The objects for the MOT were arranged separately for each action on a table in front of the subject; next, the goal of the action was stated explicitly, without mentioning the steps of the action. Errors were counted and classified in the following categories (for a more detailed description, see De Renzi and Lucchelli, 1988): first, we computed production errors such as *clumsiness* (awkward but conceptually appropriate motor performance) and *mislocation* (objects put in wrong

locations—spatiotemporal error using the object). We then considered content errors such as *perplexity* (disorientation, trial-and-error behavior), *omission* (deletion of an action), *misuse* (conceptually inappropriate object use) and *sequence errors* (wrong order of actions). Each error type was counted only once per action in order to avoid measuring perseverative errors (maximum number of possible errors = 6).

Table 1. Actions in the Multiple Object Test

Candle	Place candle on candlestick, strike match and light it
Drink	Open bottle, pour mineral water into glass, drink
Padlock	Insert key in padlock, open, lock the chain in, then close padlock
Letter	Fold page, put it in envelope, seal envelope, stick stamp in correct position
Tea	Open tea caddy, put tea bag in teacup, pour water from kettle

Results

1) Assessment of semantic knowledge

The results of the three tasks evaluating different aspects of verbal and visual semantic knowledge are presented in table 2 along with patient information. All patients were below the cutoff on at least one semantic task: 90% were impaired in comprehension ($x = 45.9$, $sd = 1.1$; cutoff = 44), 80% in picture naming ($x = 30.4$, $sd = 0.4$; cutoff = 29) and 60% in the semantic visual matching task ($x = 19.9$, $sd = 0.3$; cutoff = 18). In 5 cases (50%), patients were impaired on all semantic tasks.

Table 2. Results of semantic tasks for AD subjects

Subject	Age	3MS**	COM (/ 47)	NAM (/ 31)	VSM (/ 20)
1	71	72	43 *	31	20
2	74	60	43 *	25 *	17 *
3	79	51	22 *	27 *	18 *
4	82	50	36 *	16 *	16 *
5	76	64	40 *	21 *	19
6	78	57	41 *	28 *	18 *
7	83	66	38 *	28 *	19
8	82	68	44	26 *	20
9	80	63	43 *	27 *	18 *
10	73	63	22 *	30	17 *

* significantly impaired (M-2SD)

** The modified mini-mental state score

COM (comprehension); NAM (picture naming); VSM (visual semantic matching task).

2) Assessment of the conceptual praxis system

The results of the conceptual tasks for AD subjects are shown in table 3.

Table 3. Results of conceptual tasks for AD subjects

Subject	3MS**	Rec. (/ 20)	Seq. (/ 8)	C. bat A (/ 10)	C. bat B (/ 10)	C. bat C (/ 10)	C. bat Total (/ 30)
1	72	20	7	9	6	10	25
2	60	17 *	2 *	8 *	4 *	9	21 *
3	51	16 *	3 *	8 *	1 *	8 *	17 *
4	50	9 *	-	8 *	2 *	8 *	18 *
5	64	15 *	7	9	9	10	28
6	57	15 *	1 *	9	3 *	10	22 *
7	66	19	5	10	3 *	10	23 *
8	68	20	0 *	8 *	4 *	10	22 *
9	63	20	5	10	1 *	9	20 *
10	63	17 *	4	10	6	10	26

* significantly impaired (M-2SD)

** The modified mini-mental state score

Rec. = Gesture recognition task; Seq. = Sequential task; C. bat = Conceptual apraxia battery (A, B et C)

Compared to the control group, 6 AD patients performed below the cutoff on the **Gesture Recognition Task** ($X = 19.52$, $sd = 0.7$; cutoff = 18). In AD patients, recognition of pantomimes produced slightly more errors than the recognition of symbolic gestures (19 errors vs. 13 errors), which suggests that pantomimes of use may be more complex to recognize. However, the distribution of errors was not significantly different from the control group (chi-square = 0.018; p n.s.). The 6 AD patients who performed poorly in recognition of gestures also performed poorly in executing pantomimes of use, whereas the reverse pattern was not observed since some patients had impaired pantomiming without any recognition deficit ($\rho = 0.19$; $p > 0.05$ n.s.). Gesture recognition scores correlated significantly with the modified mini-mental scores ($\rho = 0.75$; $p < 0.01$) for AD subjects.

On the **Conceptual Apraxia Battery**, 7 AD patients performed below the cutoff set by the control group ($x = 28.3$, $sd = 2.1$; cutoff = 24), showing conceptual apraxia (see table 2). Profiles were heterogeneous since deficits were observed for one subtest (S6, 7 and 9), two subtests (S2 and 8) or all subtests of the battery (S3 and 4). Figure 1 shows that task C (handling the tool in presence of the object receiving its action) was performed almost flawlessly by 6 AD patients, whereas 2 patients were below the cutoff; however, these results underestimate patients' performance and were attributable to the ceiling effect observed in normal controls since they performed task C without error. Nonetheless, the 2 patients who scored below the controls in task C were impaired in all tasks of the battery, suggesting that they definitely had a deficit in handling tools regardless of a

possible underestimation of their performance in task C. Figure 1 also demonstrates that task B (showing tool use with only the object present) was particularly difficult for AD patients: 7 patients scored below the cutoff of 5. This task was also more difficult for controls, as the high frequency of errors reveals: AD patients made 79% of all their errors in task B whereas the amount for controls was 91%. Patients were often perplexed and did not know what to do with the object (e.g. a nail that had been partially driven into a board), even after the example was shown. For instance, some patients tried to pull the nail out instead of hammering it in, as was represented by the completed object (a nail completely driven into a board). These items seemed to be very ambiguous even when the completed object was presented along with the incomplete object to define the goal of the task. The most frequent type of error for both groups was BPO (AD = 57%; controls = 66%), followed by poor execution (AD = 30%; controls = 21%) in task B. There was no significant difference between the distribution of types of errors for AD patients and controls. Two patients performed as well as controls on the conceptual apraxia battery (S1 and 10).

The **Sequential Task** was administered to 9 AD subjects (one patient was perplexed and refused to complete it). Four patients scored below the cutoff set by the control group ($\bar{x} = 6.6$, $sd = 1.2$; cutoff = 4) and were found to be impaired on this task (see table 2). Taken as a group, AD patients made three times more sequential errors than controls (in proportion, 5.3 vs. 1.7 for controls) when putting the pictures depicting an everyday action into the correct sequence. The highest frequency of sequential errors was found for

the item "open up a bottle of wine" for both groups (it accounted for 25% of all sequential errors for AD and 25% for controls). For instance, many patients failed to notice that there was wine in the glass and placed that picture before one showing someone opening up the bottle of wine. Multiple comparisons of the frequency of errors on the items for AD patients and controls were not significant and revealed no significant difference between the two groups.

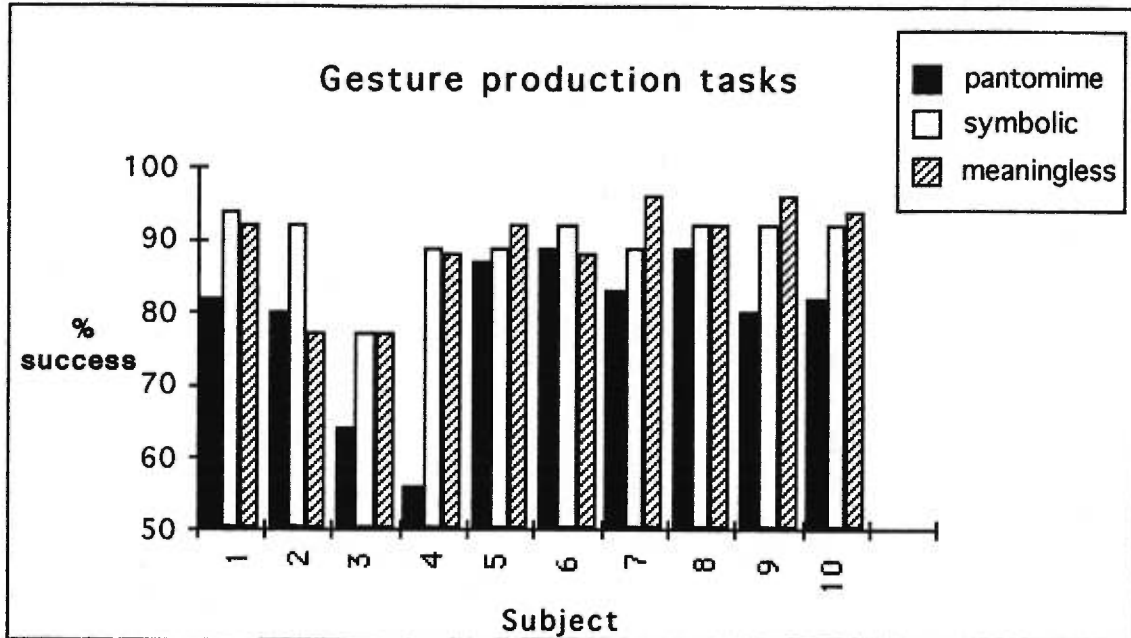
To determine the relationship between action-tool knowledge and other measures used to assess action semantics, we computed Spearman correlation coefficients between the conceptual apraxia battery scores and recognition scores, and between conceptual apraxia battery scores and sequential test scores for the AD patient group. None of these comparisons were significant. However, if we included all subjects (AD patients and controls) in the same analysis, the conceptual apraxia battery (total score) was significantly correlated with the sequential task score ($\rho = 0.62$; $p < 0.01$) and with the gesture recognition task score ($\rho = 0.40$; $p < 0.05$), and the sequential task score was also significantly correlated with the gesture recognition score ($\rho = 0.40$; $p < 0.05$).

3) Assessment of the production praxis system

Figure 1 shows the AD patients' performance in executing gestures based on the different types of movement tested. AD patients made significantly more errors in executing pantomimes of use (proportion of

error for the 3 conditions) than in imitating meaningless gestures ($\chi^2 = 34.593$; $p < 0.01$, $df = 1$). The execution of symbolic gestures on imitation was practically flawless for both AD patients (4 errors) and controls (1 error), whereas 4 patients were below the cutoff score in executing symbolic gestures to verbal command ($x = 17.4$, $sd = 1.2$; cutoff = 15). Meaningless gestures were significantly impaired in only 2 patients: the errors were mostly lateralization errors (transposing perceived left and right coordinates on their own body) (42% of errors for AD patients and 61% for controls). There were significantly more errors of lateralization than errors of spatial orientation in the execution of meaningless gestures by AD patients ($\chi^2 = 4.86$; $p < 0.05$, $df = 1$).

Figure 1. Results of the CHCN apraxia battery for AD patients

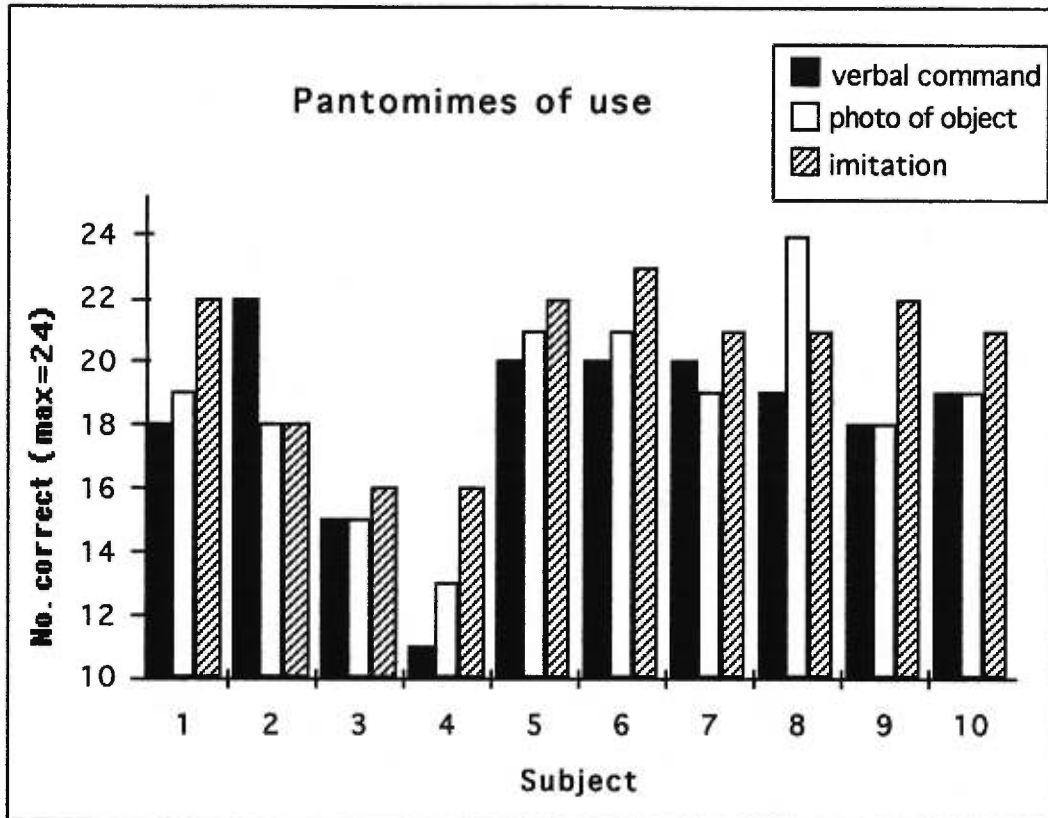


The results of the pantomime of use task are depicted in figure 2. In executing pantomimes of use, 9 patients performed below the controls in pantomiming to verbal command ($x = 23.1$, $sd = 1.2$; cutoff = 21), 9 patients were impaired in pantomiming to photos of objects ($x = 23.5$, $sd = 0.9$; cutoff = 21), and 6 in imitating pantomimes of use ($x = 23.7$, $sd = 0.5$; cutoff = 22). Overall, patients made significantly more errors in executing gestures to verbal command than did controls ($\chi^2 = 4.076$; $p < 0.05$, $df = 1$). An analysis of the performance of each patient in executing pantomimes of use revealed six cases of dissociation by condition of presentation: one patient (S2) showed preserved ability only on verbal command but was impaired on the imitation and visual input tasks, four patients performed correctly on imitation but were impaired on the verbal and visual stimulus tasks (S1, 5,

6 and 9), and another (S8) performed normally to photos of object but was otherwise impaired in the verbal command and imitation conditions.

The distribution of errors in performing pantomimes of use was similar for patients and controls since AD patients made 70% content errors and 30% movement errors whereas controls made 62% content errors and 38% movement errors (60% poorly executed). Both groups made mostly BPO errors across all conditions (AD = 43% of all errors; controls = 39%), but AD patients made statistically more BPO errors ($\chi^2 = 6.222$; $p < 0.05$, $df = 1$) and more spatial errors ($\chi^2 = 11.196$; $p < 0.01$, $df = 1$) than controls. Global score in the pantomime of use task was significantly correlated with global score in the conceptual apraxia battery ($\rho = 0.65$; $p < 0.05$). A dissociation between IMA and CA was found in two cases (S1 and S10), who were impaired in pantomiming to verbal command (with production errors) and in imitating pantomimes but had preserved conceptual knowledge of actions.

Figure 2. Results of the pantomime of use task for AD patients



Finally, only 3 AD patients failed the highly contextualized **Multiple Object Test** (see table 2). The same three patients (S3, S4 and S6) were impaired on all measures of conceptual apraxia (recognizing pantomimes, the conceptual apraxia battery, the sequential task) and on measures of pantomime production (verbal and imitation), revealing an association of CA and IMA. Moreover, their performance on all tasks testing semantic knowledge of objects (comprehension, naming and visual semantic matching) was in the impaired range. In this test, the item "make tea" generated the most errors in AD patients (57% of all errors) whereas the

item "padlock" was associated with the highest frequency of errors for controls (50%). The most frequent errors for AD patients were omission (71%, for instance, many patients forgot to glue the stamp; 50% for controls), followed by sequence errors (20%). Multiple correlations between the frequency of errors for AD patients and controls were not significant at the 0.05 level ($\chi^2 = 1.43$, n.s.).

Relationship between action semantics and verbal/visual semantics

To determine the relationship between action semantics and semantic memory, we computed multiple Spearman correlation coefficients between action-semantic tasks (recognition, sequential and action-conceptual tasks) and tasks of semantic knowledge (naming, verbal comprehension and visual semantic matching tasks) for the AD patient group. Gesture recognition scores were significantly correlated with scores on the visual semantic matching task ($\rho = 0.77$; $p < 0.05$) and on the verbal comprehension task ($\rho = 0.61$; $p < 0.05$) for AD patients. However, if we included all subjects (AD patients and controls) in the same analysis, the three action-semantic tasks were significantly correlated with naming and verbal comprehension scores (at $p < 0.01$).

A detailed case-by-case analysis revealed three different patterns of impairment between action semantics and verbal semantics: in three cases (S2, 3 and 6), AD patients were impaired in all semantic knowledge tasks (e.g. action and verbal). Six cases were impaired in one or two action-semantic tasks and in at least one measure of verbal/visual semantic

knowledge (S4, 5, 7, 8, 9 and 10). Finally, only one patient (S1) had a preserved ability in action-semantic tasks despite a mild verbal comprehension deficit and signs of conceptual problems (e.g. content errors) in pantomiming the use of objects to verbal and visual command (but not in imitation). The three patients who were impaired in both action semantics and verbal/visual semantics also performed poorly at the pantomime of use and multiple object use tasks. Overall, this analysis suggests that 9 out of the 10 patients had impairments in both domains of semantic knowledge.

Discussion

This study was designed to examine the patterns of apraxic disturbances and the relationships between measures of action-semantic and other semantic knowledge about objects (comprehension, naming and functional/categorical knowledge) in AD patients.

Considering profiles of apraxia first, we found that 9 of the 10 AD patients showed evidence of conceptual apraxia in tasks assessing conceptual action knowledge. This result was not attributable to a selection bias since the patients were not selected on the basis of praxic impairment. Our findings concur with previous studies showing that conceptual apraxia is a common feature in AD patients, even in the early stages of AD (Benke, 1993; Lucchelli et al., 1993). Indeed, patients were impaired in recognizing

pantomimes of use (60%), in sequencing actions (44%) and in the knowledge of tool-object action relationships (70%). Only one patient (S1) showed preserved conceptual knowledge of praxis on the five experimental tasks: however, he was impaired in pantomiming the use of objects to command (verbal commands and photos of objects), showing perplexity and BPO errors, which suggests a subtle conceptual defect in the absence of a production deficit (no spatiotemporal errors, unimpaired in imitation of gestures). Our findings also support the proposed distinction between conceptual and production defects (Rothi et al., 1991; Rapcsak et al., 1995) since there were cases of dissociation between IMA and CA.

Like previous studies (Pena-Casanova & Bertran-Serra, 1993; Lucchelli et al., 1993), our results point to a greater conceptual than production defect in apraxic AD patients, since all subjects were significantly impaired in performing pantomimes of use (with primarily content errors) to verbal or visual command, whereas their performance in imitating symbolic gestures was almost flawless. Imitation of gestures is held to be the most direct test of the integrity of the production system because the examiner provides a representation of the gesture that would otherwise have to be retrieved from the conceptual system. Meaningless gestures were significantly impaired in only 2 patients: the errors mainly involved lateralization. These lateralization or "mirror effect" errors were not considered as a pathological sign in previous work by Ska (1994), who found a high percentage of lateralization errors in a group of normal elderly people who were required to make meaningless gestures.

The qualitative analysis of errors also points to a dysfunction in the conceptual system since patients made primarily content errors in all the experimental tasks (e.g. body part as object, substitution, omission, perplexity) and very few movement errors (spatiotemporal errors, incomplete movement). Raymer et al. (1995) explained BPO errors as an impairment in implementing transitive postural representations, which are either destroyed or inaccessible. Six AD patients were simultaneously impaired in recognizing and in executing pantomimes of use to the photos of objects; this finding seems to confirm that their representations of action were somehow impaired (Heilman et al., 1982). Pantomime of use has consistently been shown to be preferentially impaired in AD (Rapcsak et al., 1989; Taylor, 1994). This finding might reflect the complexity of the pantomime of use task, which is a highly artificial act that does not take place in natural contexts. However, 4 patients out of 10 could not show the appropriate use of a common tool (that they had previously correctly identified) even when handling the actual tool, i.e. in a concrete situation. Two patients improved significantly when they were given both the tool and the object of the tool's action (e.g. a hammer and a piece of wood containing a partially driven nail); they were also better at familiar everyday tasks (e.g. making tea in the multiple object test). Thus, the degraded representations of actions associated with tools may be sufficiently activated when there are numerous contextual cues to improve performance in tasks of object use, as other studies had found (De Renzi, 1985). It has been proposed that even subjects with impaired action knowledge can perform object use tasks and complex naturalistic actions using a direct, non-

semantic route from the visual structural descriptions of objects to the action output system (Riddoch et al., 1988; Buxbaum et al., 1997). The facilitating effect of visual contextual cues may be explained by the use of visual structural descriptions of objects to activate the action output system in case of a breakdown of the conceptual system. Thus, in addition to the action-semantic system, this non-semantic route may also be impaired in the more severe cases of apraxia (patients S3, 4 and 6), since these patients could not benefit from visual contextual cues in using objects and tools.

Finally, we found cases of dissociation for each input modality in the pantomime production task (i.e. verbal command, imitation and to photos of objects). Such dissociations have previously been reported in a study of left-hemisphere-damaged subjects (De Renzi et al., 1982). Modality-specific impairments in pantomiming are attributed to a selective deficit of a specific input system, i.e. a disorder of pre-semantic processing for each modality, according to the cognitive model of praxis (Rothi et al., 1991).

Our second goal was to examine whether action semantics could be separated from the central semantic system in AD patients. We found partly parallel deficits in action-semantic and verbal/visual semantic tasks in 9 out of 10 AD patients. On the one hand, 3 AD patients were impaired in all tasks of semantic knowledge (i.e. action and verbal), thus demonstrating both impaired conceptual knowledge of actions (e.g. identifying pantomimes of use, knowledge of actions independent of tools, and knowledge of the organization of single actions into sequences), and impaired semantic

knowledge of objects (e.g. naming, comprehension and the functional and categorical aspects of objects). The performance of these three patients (S3, 4 and 6) was also impaired in measures of pantomime production (verbal and imitation) and in automatized daily tasks such as the MOT, revealing an association of conceptual apraxia and ideomotor apraxia. Not surprisingly, their modified mini-mental examination scores (3MS) were lower than those of other patients (respectively 51, 50 and 57), suggesting that the severity of cognitive impairment is closely associated with the severity of apraxia, as was previously reported by Della Salla et al. (1987). On the other hand, 6 AD patients performed in the impaired range on one or two action-semantic tasks and at least one measure of verbal/visual semantic knowledge: the patterns of deficits were much more heterogeneous for patients in the early stages of the disease, as assessed by the 3MS. These data reflect the underlying heterogeneity that occurs in AD, since patients differ with respect to the occurrence of compromised semantic impairment and the anatomic distribution of their functional cerebral defects (Hodges & Patterson, 1995). Last, only one patient (S1) showed preserved action semantics (in tasks of action knowledge) with a mild verbal comprehension deficit and signs of a conceptual defect in pantomiming use of objects (e.g. content errors). This patient also had the highest scores on the neuropsychological assessment and on the 3MS examination, with a score of 72. It seems that the disorder may not yet have severely impacted the central semantic system in this early-stage AD patient.

Overall, none of the AD patients presented a selective impairment of action semantics without any other semantic deficit, which does not lend support to the notion that action semantics is separable from other components of semantics. In contrast, impaired action semantics was found in subjects with a semantic language deficit, suggesting a global disturbance of the central semantic system in these patients. Moreover, a qualitative parallel emerged between the severity of conceptual apraxia and the severity of semantic language deficit. Previous investigators (Heilman et al., 1997) have also reported a relationship between conceptual apraxia and language impairment, using the conceptual apraxia battery, as in the present study. Furthermore, and despite the small number of patients, significant correlations were found between action-semantic tasks (gesture recognition score) and verbal/visual semantic tasks (comprehension score and visual semantic matching score) in the AD patient group. Our findings contrast with those of Ochipa et al. (1992), who found selective conceptual defects of praxis in AD patients without verbal semantic impairment, as tested by a single word auditory comprehension task. We suggest that differences in the assessment of semantic impairment might explain this discrepancy, since we used three measures of semantic knowledge (two verbal and one non-verbal) compared to only one verbal measure in the study of Ochipa et al. (1992). Given that impairment of a neuropsychological function is indicated by the convergence of results on tasks believed to assess that function (Lezak, 1983), one test of verbal semantic knowledge may not provide conclusive evidence of the integrity of that function.

In contrast to those of other investigators (Shallice, 1988; Ochipa et al., 1992), our findings provide no strong evidence that action semantics may be separated from other semantic information. Rather, our results support the hypothesis of a unitary semantic system where the representations of action and of other semantic knowledge of objects are often simultaneously disrupted in Alzheimer's disease (Kempler, 1988; Rapcsak et al., 1989). Buxbaum et al. (1997) suggested that the same semantic representations of objects are called upon in action and non-action tasks, but in very different ways. They argued that difficulties in representing information about object function may be present in non-action tasks while largely absent in action, since sensorimotor elements recruited directly from perception may enhance degraded functional/associative knowledge of objects. We agree with this position and find support for it in the fact that 6 AD patients' performance on actual object use (MOT) was preserved in spite of impaired semantic knowledge in tests believed to tap into action semantics and verbal/visual semantics.

Previous evidence revealed that AD patients' functional knowledge of objects might be particularly impaired in tasks assessing functional attributes (e.g. for a saw: "Is it used to cut things?") (Chertkow et al., 1989). Johnson & Hermann (1995) also found that both mild and moderate AD patients showed a disproportionate disruption of functional attributes of objects compared to other attributes (e.g. category, part, property). This impairment in the functional knowledge of objects could become apparent in actions associated with objects. Therefore, conceptual apraxia in AD

might be the consequence of an early semantic memory deficit affecting the functional knowledge of objects and, in some cases, their use.

We suggest that these findings are best accounted for by a conception of semantic organization in which knowledge of an object is represented by a central, distributed network of features, including the way the object is used. Semantic knowledge is retrieved and expressed via different input and output processes which may be selectively impaired (Riddoch et al., 1988; Caramazza et al., 1990), thus accounting for the different patterns of impairment according to task modality in AD patients. Unfortunately, we did not use the same stimuli in the tasks of praxis and of verbal/visual semantic ability and thus we cannot compare performance on the same item, which might have indicated whether representations underlying names and gestures were destroyed or only partially inaccessible across different stimulus input modalities. Nonetheless, it seems reasonable to suppose that disruption of a common semantic-conceptual system may underlie the apparent association of conceptual apraxia and semantic knowledge deficit in patients with AD, though a larger group of subjects will be needed to test these relationships in more detail in future studies.

ACKNOWLEDGMENTS

We are grateful to all the subjects for their gracious cooperation in this study. We also thank Françoise Maheu and Fanny Guérin for assistance with various aspects of testing and data analysis in this study. This work was supported by a grant from the Fonds pour la Formation des Chercheurs et pour l'Aide à la Recherche awarded to C. Dumont. We would like to extend our thanks to Dr. Alessandra Schiavetto for her helpful comments on a preliminary version of the paper.

References

- Alzheimer, A. (1977). A unique illness involving the cerebral cortex. In D.A. Rottenberg & F.H. Hochenberg (Eds.), *Neurological classics in modern translation* (pp. 41-43). New York: Haffner Press.
- Bayles, K.A. & Kasniak, A.W. (1987). *Communication and cognition in normal aging and dementia*. Boston: Little, Brown.
- Benke, T. (1993). Two forms of apraxia in Alzheimer's disease. *Cortex*, 29, 715-725.
- Buxbaum, L.J., Schwartz, M.F., & Carew, T.G. (1997). The role of semantic memory in object use. *Cognitive Neuropsychology*, 14, 219-254.
- Caramazza, A., Hillis, A.E., Rapp, B.C., & Romani, C. (1990). The multiple semantics hypothesis: Multiple confusion? *Cognitive Neuropsychology*, 7, 161-189.
- Chertkow, H., Bub, D., & Seidenberg, M. (1989). Priming and semantic memory loss in Alzheimer's disease. *Brain and Language*, 36, 420-446.
- Della Salla, S., Lucchelli, F., & Spinnler, H. (1987). Ideomotor apraxia in patients with dementia of Alzheimer type. *Journal of Neurology*, 234, 91-93.
- Denny-Brown, D. (1958). The nature of apraxia. *Journal of Nervous and Mental Disease*, 126, 9-31.
- De Renzi, E. (1985). Methods of limb apraxia examination. In E.A. Roy (Ed.), *Neuropsychological studies of apraxia and related disorders* (pp. 45-61). Amsterdam: North Holland, Elsevier Science.
- De Renzi, E., Faglioni, P., & Sorgato, P. (1982). Modality-specific and supramodal mechanisms of apraxia. *Brain*, 105, 301-312.
- De Renzi, E. & Lucchelli, F. (1988). Ideational apraxia. *Brain*, 111, 1173-1185.
- Foster, N.L., Chase, T.N., Patronas, N.J., Gillespie, M.M., & Fedio, P. (1986). Cerebral mapping of apraxia in Alzheimer's disease by positron emission tomography. *Annals of Neurology*, 19, 139-143.

-
- Glosser, G., Wiley, M.J., & Barnoski, E.J. (1998). Gestural communication in Alzheimer's disease. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 20, 1-13.
- Haaland, K.Y. & Flaherty, D. (1984). The different types of limb apraxia errors made by patients with left vs. right hemisphere damage. *Brain and Cognition*, 3, 370-384.
- Heilman, K.M., Maher, L.H., Greenwald, L., & Rothi, L.J.G. (1997). Conceptual apraxia from lateralized lesions. *Neurology*, 45, A266.
- Heilman, K.M. & Rothi, L.J.G. (1994). *Clinical neuropsychology*. Oxford: Oxford University Press.
- Heilman, K.M., Rothi, L.J.G., & Valenstein, E. (1982). Two forms of ideomotor apraxia. *Neurology*, 32, 342-346.
- Hodges, J.R. & Patterson, K. (1995). Is semantic memory consistently impaired early in the course of Alzheimer's disease? Neuroanatomical and diagnostic implications. *Neuropsychologia*, 33, 441-459.
- Joanette, Y., Ska, B., Poissant, A., Belleville, S. et al. (1995). Évaluation neuropsychologique dans la démence de type Alzheimer: un compromis optimal. *L'année Gériatrique*, 2, 1-15.
- Johnson, M.K. & Hermann, A.M. (1995). Semantic relations and Alzheimer's disease: An early and disproportionate deficit in functional knowledge. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 1, 568-574.
- Kempler, D. (1988). Lexical and pantomime abilities in Alzheimer's disease. *Aphasiology*, 2, 147-159.
- Lehmkuhl, G. & Poeck, K. (1981). A disturbance in the conceptual organization of actions in patients with ideational apraxia. *Cortex*, 17, 153-158.
- Lezak, M. (1983). *Neuropsychological assessment*. New York: Oxford University Press.
- Lucchelli, F., Lopez, O., Faglioni, P., & Boller, F. (1993). Ideomotor and ideational apraxia in Alzheimer disease. *International Journal of Geriatric Psychiatry*, 8, 413-417.

-
- McKhann, G., Drachman, D., Folstein, M.F., Katzman, R., Price, D., & Stadlan, E.M. (1984). Clinical diagnosis of Alzheimer's disease; Report of the NINCDS-ADRDA work group. *Neurology*, *34*, 939-944.
- Moreaud, O., Charnallet, A., & Pellat, J. (1998). Identification without manipulation: A study of the relations between object use and semantic memory. *Neuropsychologia*, *36*, 1295-1301.
- Ochipa, C., Rothi, L.J.G., & Heilman, K.M. (1989). Ideational apraxia: A deficit in tool selection and use. *Annals of Neurology*, *25*, 190-193.
- Ochipa, C., Rothi, L.J.G., & Heilman, K.M. (1992). Conceptual apraxia in Alzheimer's disease. *Brain*, *115*, 1061-1071.
- Pena-Casanova, J. & Bertran-Serra, I. (1993). Limb praxis patterns in early-moderate stage of dementia of the Alzheimer type. *Revue neurologique (Barcelona)*, *21*, 240-243.
- Poeck, K. (1983). Ideational apraxia. *Journal of Neurology*, *230*, 1-5.
- Rapcsak, S.Z., Crosswell, S.C., & Rubens, A.B. (1989). Apraxia in Alzheimer's disease. *Neurology*, *39*, 664-668.
- Rapcsak, S.Z., Ochipa, C., Anderson, K.C., & Poizner, H. (1995). Progressive ideomotor apraxia: Evidence for a selective impairment of the action production. *Brain and Cognition*, *27*, 213-236.
- Raymer, A.M., (1992). *Dissociations of semantic knowledge: Evidence from Alzheimer's disease*. Unpublished doctoral dissertation, University of Florida.
- Raymer, A.M., Rothi, L.J.G., & Heilman, K.M. (1995). Nonsemantic activation of lexical and praxis output systems in Alzheimer's subjects. *Journal of the International Neuropsychological Society*, *1*, 147.
- Riddoch, M.J., Humphreys, G.W., Coltheart, M., & Funnell, E. (1988). Semantic systems or system? Neuropsychological evidence re-examined. *Cognitive Neuropsychology*, *5*, 3-25.
- Riddoch, M.J., Humphreys, G.W., & Price, C.J. (1989). Routes to action: Evidence from apraxia. *Cognitive Neuropsychology*, *6*, 437-454
- Rock, I. & Ska, B. (1994). Protocole d'évaluation de la reconnaissance de gestes. Montreal: Laboratoire Th.-Alajouanine, Centre de recherche de l'Institut de Gériatrie de Montréal.

-
- Rothi, L.J.G., Ochipa, C., & Heilman, K.M. (1991). A cognitive neuropsychological model of limb praxis. *Cognitive Neuropsychology*, 8, 443-458.
- Roy, E.A. & Square, P.A. (1985). Common considerations in the study of limb, verbal and oral apraxia. In E.A. Roy (Ed.), *Neuropsychological studies of apraxia and related disorders*. (Advances in Psychology, v. 23, pp. 111-157). City?: North-Holland.
- Shallice, T. (1988). Specialization within the semantic system. *Cognitive Neuropsychology*, 5, 133-142.
- Ska, B., Caramelli, P., Croisile, B., Fontaine, F.S., Gilbert, B., Pineau, H. et al. (1994). Protocole d'évaluation de la production des gestes. Montreal: Laboratoire Th.-Alajouanine, Centre de recherche de l'Institut de Gériatrie de Montréal.
- Ska, B. (1994). Praxies gestuelles et vieillissement normal. In D. Le Gall & G. Aubin (Eds.), *Apraxies et désordres apparentés* (pp. 41-57). Paris: Série de la Société de neuropsychologie de langue française.
- Taylor, R. (1994). Motor apraxia in dementia. *Perceptual and Motor Skills*, 79, 523-528.
- Teng, E.L. & Chui, H.C. (1987) The modified mini-mental state examination (3MS). *Journal of Clinical Psychiatry*, 48, 314-317.
- Wang, L. & Goodglass, H. (1992). Pantomime, praxis and aphasia. *Brain and Language*, 42, 402-418.
- Yesavage, J.A., Brooks, J.O., Taylor, J., & Tinklenberg, J. (1993). Development of aphasia, apraxia and agnosia and decline in Alzheimer's disease. *American Journal of Psychiatry*, 150, 742-747.

Article n^o 3

**Limb apraxia and verbal comprehension
in Alzheimer's disease**

Catherine Dumont ^{1,2} & Bernadette Ska ^{1,3}

¹ Centre de recherche du Centre hospitalier Côte-des-Neiges

² Département de psychologie, Université de Montréal

³ Faculté de médecine, Université de Montréal

(1998). BRAIN AND COGNITION
Vol.37 (1), 93-96.

Abstract

The purpose of this research is to determine whether the gesture-language parallels occur in patients with a diffuse disease such as Alzheimer's. The results demonstrated a significant correlation between performance in pantomime to verbal command and a verbal comprehension deficit. A further qualitative analysis demonstrated that the most frequent errors for AD patients was using a body part as object. The data are interpreted to support a common symbolic representation shared by words and pantomime.

Introduction

Many studies have demonstrated a relationship between the frequency of aphasia and limb apraxia (LA) (Heilman, Rothi & Valenstein,1982; Roy, Square,1985; Alexander et al., 1992) and, more precisely, a strong correlation between verbal comprehension and gesture to verbal command in patients with poor comprehension skills (Kertesz & Hooper,1982). These results suggest that both disorders may arise from the same deficit (asymbolia). However, other studies have shown dissociations of apraxia and aphasia in aphasics (Papagno, Della Sala, & Basso,1993; Lehmkuhl, Poeck, & Willmes, 1982) and in demented subjects (Della Sala, Lucchelli, Spinnler,1987; Rapcsak, Crosswell, Rubens,1989). Although apraxia is common in AD, there are few systematic studies comparing the nature of apraxia and language disturbances in this population.

Rapcsak et al. (1989) studied apraxia in 28 patients with AD and did not find a significant difference between performance on verbal command nor on imitation of transitive movements. The authors concluded that ideomotor apraxia in AD may be apparent even in patients with good language functions. In contrast, a study of apraxia in 8 AD patients by Kempler (1988) showed significant correlations and qualitative parallels between pantomime and verbal comprehension. They concluded that there exists a common symbolic representation shared by words and pantomime.

The specific goals of this research are to (1) determine whether the gestural and comprehension deficits are correlated by testing verbal comprehension, pantomime to verbal command and imitation of meaningless gestures in a group of patients and matched-controls, (2) determine the most common apraxic error in AD patients, (3) compare these data with comparable reports on aphasic patients. Limb apraxia (LA) is defined as a difficulty in making gestures that is attributable to an inability to translate the concept of a motor sequence (temporal, spatial and sequential organization) into the correct motor action, in the absence of motor or sensory deficits.

Methods

Subjects

Eight patients fulfilling NINCDS-ADRDA criteria for clinical diagnosis of probable Alzheimer's disease (McKhann et al., 1984) and 23 non-demented control subjects matched for age (patients, $78,8 \pm 5,3$ years; controls $74, 7 \pm 5,2$ years) and education (patients, $9,8 \pm 3,5$ years; controls, $11,5 \pm 3,4$ years) participated in the study. The global deterioration scores (Reisberg et al., 1982) in AD patients ranged from 3 (mild) to 5 (moderate).

Tasks

The tests employed are part of a comprehensive neuropsychological battery (PENO) and have previously been described in detail (Joanette, Poissant, Ska & Fontaine, 1989).

Comprehension test: This task was used to assess verbal comprehension. Each subject was shown four line drawings and was instructed to point to the picture representing the object or the sentence named by the examiner. The three distractor items were semantically related to the target. The test consisted of 47 items which were presented in order of difficulty.

Movement imitation test: This test was designed to assess LA and consisted of 10 non-symbolic gestures which were performed slowly by the examiner and reproduced immediately by the subject.

Pantomime of transitive movements: This test assessed the ability to evoke a gesture specifically related to a single object. The subject was asked to pretend to use 10 objects of common use.

The subject's performance on the apraxia tests was evaluated qualitatively by classifying the errors in the following categories : (1) body part as object or a wrong position of hands to represent the object during gesturing, (2) inadequate movements, (3) inadequate relation between position of hands to body.

Results

The performances of patients and controls were compared using a variance analysis (ANOVA) group X test (repeated measures on test factor) and a further analysis of simple effects. AD patients performed significantly worse than controls in verbal comprehension ($F=34.65$, $Df=1.36$, $p< 0,001$), in pantomime to verbal command ($F=38.11$, $Df=1.36$, $p< 0.001$), and in a movement imitation test ($F=8.83$, $Df=1.36$, $p<0.0053$). We examined the relationship between verbal comprehension and apraxia by computing Pearson's correlation coefficients (1-tailed significance) between verbal comprehension scores, pantomime to verbal command score and imitation score for AD patients. A strong correlation was established between verbal comprehension score and pantomime score for AD patients ($\rho=0.70$, $p<0,05$). The most frequent errors for AD patients was using a body part as object or incorrectly positioning hands to represent the object (60 %) in the pantomime test.

Conclusion

This study supports previous findings that AD patients are more impaired in pantomime to verbal command than in movement imitation (Kempler, 1988). As Willis and Behrens (1992) pointed out, pantomiming transitive movements is a complex task because it requires the simultaneous retrieval of the concept representing the object and the movement associated with the object. Our findings also show that limb apraxia is strongly correlated with language comprehension deficits in AD patients (Kempler,

1988; Taylor,1994), as well as in focal left hemisphere patients (Kertesz & Hooper,1982). The most common type of error was using a body part to represent an object, as reported in aphasics subjects. The results are interpreted by a disruption of the symbolic system which underlies both gestural and lexical abilities, in concordance with the model of praxis suggested by Rothi, Ochipa and Heilman (1991).

References

- Alexander, M.P., Baker, E., Naeser, M.A., Kaplan, E., Palumbo, C. (1992). Neuropsychological and neuroanatomical dimensions in ideomotor apraxia. *Brain*, 115, 87-107.
- Della Sala, S., Lucchelli, F., Spinnler, H. (1987). Ideomotor apraxia in patients with dementia of Alzheimer type. *Journal of neurology*, 234, 91-93.
- Heilman, K.M., Rothi, L.J., Valenstein, E. (1982). Two forms of ideomotor apraxia. *Neurology*, 32, 342-346.
- Joanette, Y., Poissant, A., Ska, B., Fontaine, F.S. (1989). PENO: *Protocole d'Évaluation Neuropsychologique Optimal*. Montréal, Laboratoire Théophile-Alajouanine.
- Kempler, D. (1988). Lexical and Pantomime abilities in Alzheimer's Disease. *Aphasiology*, 2 (2), 147-159.
- Kertesz, A., Hooper, P. (1982). Praxis and Language. The extent and variety of apraxia in aphasia. *Neuropsychologia*, 20, 275-286.
- Lehmkuhl, G., Poeck, K., Willmes, K. (1982). Ideomotor apraxia and aphasia: an examination of types and manifestations of apraxic symptoms. *Neuropsychologia*, 21, 199-211.
- Lucchelli, F., Lopez, O.L., Faglioni, P., Boller, F. (1993). Ideomotor and ideational *Psychiatry*, 8, 413-417.
- McKhann, G., Drachman, D., Folstein, M.F., Katzman, R., Price, D., Stadlan, E.M. (1984). Clinical diagnosis of Alzheimer's disease; Report of the NINCDS-ADRDA work group, *Neurology*, 34, 939-944.
- Papagno, C., Della Sala, S. & Basso, A. (1993). Ideomotor apraxia without aphasia and aphasia without apraxia: the anatomical support for a double dissociation. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*, 56, 286-289.
- Rapcsak, S.Z., Crosswell, S.C., Rubens, A.B. (1989). Apraxia in Alzheimer's disease. *Neurology*, 39, 664-668.

-
- Reisberg, B., Ferris, S.H., DeLeon, M.J., Crook, T. (1982). The global deterioration scale for assessment of primary degenerative dementia, *American Journal of Psychiatry*, 139, 1136-1139.
- Rothi, L.G., Ochipa, C., Heilman, K.M. (1991). A cognitive neuropsychological model of limb praxis. *Cognitive Neuropsychology*, 8, 443-458.
- Roy, E.A., Square, P.A. (1985). Common considerations in the study of limb, verbal and oral apraxia. In E.A. Roy (Ed.), *Neuropsychological studies of apraxia and related disorders*, (pp.111-161). Amsterdam: Elsevier Science Publishers.
- Taylor, R. (1994). Motor Apraxia in Dementia. *Perceptual and Motor Skills*, 79, 523-528.
- Willis, L., Behrens, M. (1992). *Differentiating neuropsychological performance in multi-infarct and Alzheimer's dementia*. Poster presented at Rancho Los Amigos Medical Center, Downey, CA.

Article n^o 4

**Pantomime recognition impairment
in Alzheimer's disease**

Catherine Dumont,^{1,2} & Bernadette Ska,^{1,3}

¹ Centre de recherche de l'Institut Universitaire de Gériatrie de Montréal,

² Groupe de Recherche en Neuropsychologie Expérimentale, Université de Montréal.

³ École d'orthophonie et audiologie, faculté de médecine de l'Université de Montréal.

(1999). BRAIN AND COGNITION (sous presse)

Abstract

This study was designed to examine whether 10 AD patients with diffuse lesions and an early semantic deficit could comprehend the meaning of pantomimes and symbolic gestures. We especially wanted to determine the relationship between pantomime recognition and production. The tasks involved naming or showing an understanding (e.g. circumlocutions) of the pantomimes executed by the examiner and producing pantomimes to verbal command or to imitation. The results showed no significant relationship between pantomime comprehension and pantomime production. However, 60 % of AD patients performed poorly compared to controls on the Gesture Recognition task. Gesture comprehension was highly correlated with a measure of global cognitive impairment (3MS). The data are consistent with the proposed separation of comprehension and action production systems in a cognitive model of praxis. Gesture comprehension may be diffusely distributed and thus preserved in the early stages of AD as in circumscribed lesions of the left parietal lobe.

Introduction

Many studies have demonstrated that apraxia is a disorder affecting both the recognition and production of purposeful limb movements (Rothi, Ochipa, Heilman, 1991). Gesture recognition impairment has been attributed to asymbolia and semantic deficit (Duffy & Watkins, 1984) or to a loss of motor engrams of gestures (Heilman, Rothi & Valenstein, 1982). Previous studies of aphasic patients have shown that they commit semantic errors on both pantomime recognition and verbal comprehension tests, supporting the notion of an underlying central symbolic impairment. In his study of 8 Alzheimer's disease patients, Kempler (1988) also found significant correlation between pantomime and lexical disturbances in recognition and in production. However, Bell (1994) studied 23 aphasic patients and did not report significant correlations between pantomime recognition and measures of language or praxis imitation.

According to Heilman et al., (1982), the visuokinesthetic representations of gestures (space-time coordinates) that one must activate to comprehend or produce a gesture are stored in the left parietal lobe. They suggested that apraxic patients with parietal lesions were also impaired in comprehending action pantomimes, whereas patients with more anterior lesions that disconnected these engrams from motor associations areas were impaired in gestures production only. Nevertheless, functional brain imaging studies of apraxic subjects showed that gesture comprehension may

be more diffusely distributed (Decety & Grezes, 1997; Rapsak, Ochipa, Anderson et al., 1995). For instance, a recent RCBF study showed that recognition of meaningful actions resulted in activation of areas involved in semantic object processing (temporal area 21) and action recognition (inferior frontal area 45) (Decety & Grezes, 1997). Furthermore, patients with extensive parietal lesions showing preserved gesture recognition have been described (Bell, 1994; Rapsak et al., 1995). Accordingly, a recent cognitive model of praxis (Rothi et al., 1991) have proposed that the system involved in comprehension of pantomime is distinct from the gesture production system.

Very few studies have compared pantomime comprehension and production in AD, even though limb apraxia is common in this disease. In order to delineate further the characteristic features of pantomime recognition in AD, we studied 10 patients with both pantomime comprehension and production tasks using pantomime of use and emblems. We especially wanted to determine whether and to what extent both disorders are correlated or dissociated in some cases. In addition, we examined the relationship between a global measure of cognitive functioning and pantomime comprehension performances. We predicted that measures of pantomime recognition and production would be significantly correlated in AD subjects since early symptoms of AD include a semantic / conceptual deficit (Ochipa, Rothi & Heilman, 1992) and signs of parietal lobe damage (Della Salla, Lucchelli, Spinnler, 1987).

Methods

Subjects

Ten patients fulfilling NINCDS-ADRDA criteria for clinical diagnosis of probable Alzheimer's disease (McKhann et al.,1984) and 27 neurologically and neuropsychologically intact controls matched for age (Patients= $77,8 \pm 4,2$; controls= $74,8 \pm 5,0$) and education (patients= $9 \pm 3,5$ years; controls= $11,1 \pm 2,7$) participated in this study. Student's t-tests for age and schooling revealed non-significant differences between the two groups. All subjects were right-handed. The global deterioration scores (3MS) in AD patients ranged from 51 to 72 (Teng & Chui, 1987).

Tasks

Pantomimes of use were defined as gestures of object use such as " show me how you would use a pair of scissors". Symbolic gestures were arbitrarily coded nonverbal communications (emblems) such as waving good-bye.

Subtests from the *Gesture Recognition Test* (Rock & Ska, 1994) were used to assess the ability to comprehend gestures. This test is made of 22 gestures (2 examples, 10 gestures of use and 10 symbolic gestures) that are performed slowly by the examiner. The gesture may be repeated 3 times if necessary. The subject is asked to identify the gestures by naming or by showing a degree of understanding of the presented gestures (e.g.

circumlocutions were accepted). Each item is scored on a binary system (1 for a correct answer) and thus, the maximum score for this task is 20.

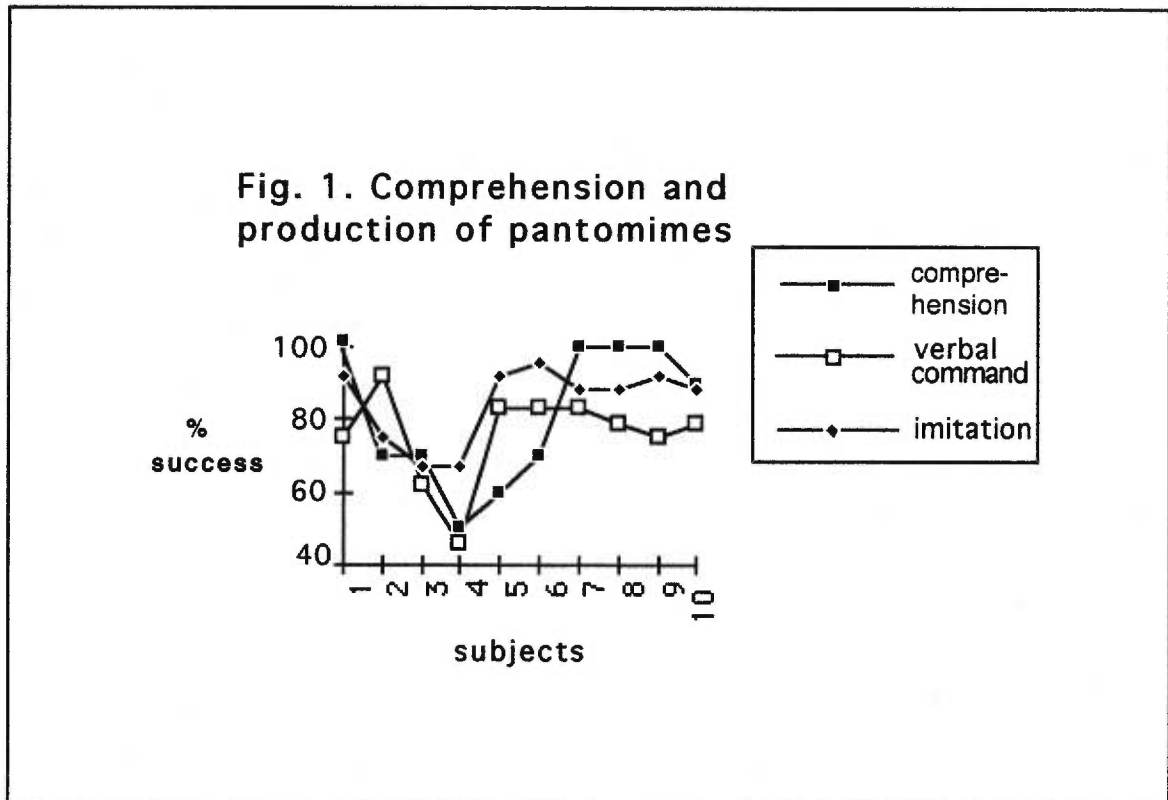
The execution of gestures was assessed with the *CHCN Apraxia Battery* (Ska et al., 1994), which included gestures of object use (n=12) and symbolic gestures (n=15) performed with the dominant hand. Items were controlled for unimanual or bimanual gestures, and for intrapersonal or extrapersonal space gestures. All gestures were executed to verbal command and imitation of models presented by the examiner. Two aspects of the execution of pantomime were rated separately: (1) the shape of the hand and (2) the movement and respect of the temporospatial component of the gesture. Scoring of each aspect was binary (0 or 1; max=24). Symbolic gestures were rated with the same scoring procedure (max=18).

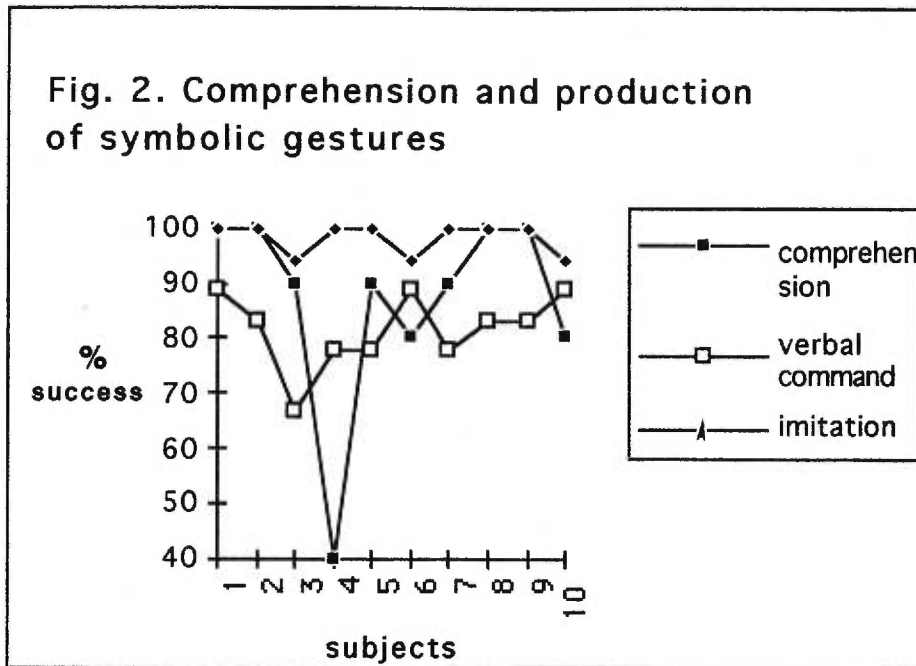
Results

We computed Spearman correlation coefficients between recognition tasks (pantomime or symbolic) and production tasks in verbal command and imitation. We found no significant relationship between those measures.

A single case analysis showed that 60 % of AD patients performed poorly (cut-off= M-2SD compared to controls) on the Gesture Recognition task. Five AD patients were impaired in recognising pantomimes whereas

only three were impaired in recognising symbolic gestures, which might suggest that gestures of use are more complex to recognise (see fig. 1 and fig. 2). All AD patients who performed poorly in pantomime comprehension also performed poorly in executing pantomimes, whereas the reversed pattern was not observed since some patients were impaired in execution without comprehension deficit. The 3MS scores were significantly correlated with gesture comprehension ($\rho=0.746$, $p < 0.01$) and with pantomime production (sum of both conditions) ($\rho=0.577$, $p < 0.05$).





Discussion

Sixty percent of AD patients demonstrated difficulty in recognising and in producing pantomimes. Two major findings were reported. First, quantitative comparisons suggested that the deficits in two domains were not significantly correlated: some patients were impaired in producing pantomime without any impairment in recognising. Furthermore, none of the patients showed the reverse pattern, i.e. a difficulty recognising pantomimes or symbolic gestures without impairment in producing gestures. These results support previous findings of Bell (1994) who also found no significant correlation between pantomime comprehension and measures of apraxia in aphasic patients. The absence of a statistical

relationship between pantomime comprehension and production may be attributable, in part, to a small sample size (n=10). The sparing of pantomime recognition in some AD patients despite an impaired ability in pantomiming is consistent with the proposed separation of comprehension and action production systems in a cognitive model of praxis proposed by Rothi et al. (1991). Alternatively, it may be that gesture recognition is simply an easier task than gesture production. Thus, the damaged visuokinesthetic engrams could still support gesture recognition even when correct gesture production is no longer possible.

Second, gesture comprehension for both pantomime and symbolic gestures was highly correlated with a measure of global cognitive impairment (3MS). This suggests that pantomime comprehension is impaired predominantly in patients demonstrating moderate overall cognitive deterioration. It has been suggested that pantomime comprehension is a multi-component task which includes linguistic, visuo-perceptual (spatio-temporal coordinates) and conceptual demands. Accordingly, gesture comprehension may be diffusely distributed and thus preserved in the early stages of AD as in circumscribed lesions of the left parietal lobe.

References

- Bell, B.D. (1994). Pantomime recognition impairment in aphasia: an analysis of error types. *Brain & Language*, *47*, 269-278.
- Decety, J., Grèzes, J., Costes, N., Perani, D., Jeannerod, M., Procyk, E., Grassi, F., Fazio, F. (1997). Brain activity during observations of actions influence of action content and subject's strategy. *Brain*, *120*, 1763-1777.
- Della Salla, S.; Lucchelli, F.; Spinnler, H. (1987). Ideomotor apraxia in patients with dementia of Alzheimer type. *Journal of Neurology*, *234*: 91-93.
- Duffy, J.R., & Watkins, L.B. (1984). The effect of response choice relatedness on pantomime and verbal recognition ability in aphasic patients. *Brain and Language*, *21*, 291-306.
- Heilman, K. M.; Rothi, L. J.; Valenstein, E. (1982). Two forms of ideomotor apraxia. *Neurology*, *32*: 342-346.
- Kempler, Daniel. (1988). Lexical and Pantomime abilities in Alzheimer's disease. *Aphasiology*, *2* (2): 147-159.
- McKhann, G., Drachman, D., Folstein, M.F., Katzman, R., Price, D., & Stadlan, E.M. (1984). Clinical diagnosis of Alzheimer's disease; Report of the NINCDS-ADRDA work group, *Neurology*, *34*, 939-944.
- Ochipa, C.; Rothi, L. J. G.; Heilman, K. M. (1992). Conceptual apraxia in Alzheimer disease. *Brain*, *115*: 1061-1071.
- Rapcsak, S. Z.; Ochipa, C.; Anderson, K.C.; Poizner, H. (1995). Progressive ideomotor apraxia: evidence for a selective impairment of the action production. *Brain and Cognition*, *27*: 213-236.
- Rock I, Ska B. (1994). Protocole d'évaluation de la reconnaissance de gestes. Montréal: Laboratoire Th.-Alajouanine, Centre de recherche de l'Institut de Gériatrie de Montréal.
- Rothi, L. J. G.; Ochipa, C.; Heilman, K. M. (1991). A Cognitive Neuropsychological Model of Limb Praxis. *Cognitive neuropsychology*, *8*(6): 443-458.

Ska B, Caramelli P, Croisile B, Fontaine FS, Gilbert B, Pineau H. et al. (1994). Protocole d'évaluation de la production des gestes. Montréal: Laboratoire Th.-Alajouanine, Centre de recherche de l'Institut de Gériatrie de Montréal.

Teng. E.L., Chui, H.C. (1987) The modified mini-mental state examination (3MS). *Journal of Clinical Psychiatry*, **48**, 314-317.

Wang, L.; Goodglass, H. (1992). Pantomime, Praxis and Aphasia. *Brain and Language*. **42**: 402-418.

Chapitre III :

DISCUSSION GÉNÉRALE

Ce travail visait deux objectifs principaux: 1) caractériser, par référence au modèle cognitif du traitement des praxies de Rothi et al. (1991), les systèmes responsables des troubles praxiques chez des sujets porteurs de lésions focales et diffuses (DTA); 2) évaluer certaines distinctions proposées dans ce modèle théorique du traitement des praxies, à savoir la sélectivité des mécanismes de compréhension et de production et la possibilité d'un système sémantique d'action fractionné des connaissances sémantiques verbales. Dans le cadre de cette discussion générale, la première partie résumera d'abord les principaux résultats de nos différentes études. Par la suite, les applications théoriques et cliniques seront discutées.

1. Caractérisation de l'apraxie gestuelle à la suite d'une lésion focale

Les habiletés d'un sujet apraxique (P.F.), porteur d'une lésion temporo-pariétale gauche, ont été évaluées selon les différents niveaux de traitement proposés dans le modèle théorique de Rothi et al. (1991). Pour ce faire, plusieurs épreuves ont été administrées, soit des tâches de reconnaissance des gestes, de connaissance des actions associées aux objets et d'exécution de différents types de gestes dans plusieurs modalités de présentation. Cette étude longitudinale visait également à préciser le profil de récupération des atteintes observées au cours d'une période de deux ans. Les résultats de la première expérience montrent une dissociation inhabituelle entre un déficit d'exécution des gestes transitifs dans toutes les

modalités d'évaluation (commande verbale, visuelle, sur imitation, utilisation d'outils), et une habileté préservée pour produire sur ordre et sur imitation des gestes symboliques et arbitraires. Les erreurs concernent surtout la forme de la main (posture et orientation inadéquates pour l'objet représenté) lors de l'exécution des gestes transitifs réalisés dans l'espace extrapersonnel. Les expériences 2 et 3 ont révélé un fonctionnement adéquat du répertoire d'entrée des actions (P.F. peut discriminer et reconnaître les gestes transitifs) et du système conceptuel des actions dans des tâches évaluant la connaissance des actions sans manipulation réelle des objets (P.F. reconnaît l'avantage mécanique des outils, peut réaliser des associations catégorielles, identifie un objet par sa fonction). Enfin, les données longitudinales mettent en relief une détérioration légère de l'ensemble du rendement pratique pour l'ensemble des gestes, à l'exception de l'exécution des gestes arbitraires qui présente une légère amélioration. Ces résultats pourraient être attribuables aux processus de vieillissement plutôt qu'à une pathologie dégénérative, puisque le niveau du fonctionnement cognitif était comparable aux deux évaluations neuropsychologiques. L'amélioration des gestes arbitraires pourrait signaler une compensation de la voie pré-sémantique de l'action permettant l'écho-praxie.

1.1 Interprétations des mécanismes cognitifs impliqués

À notre connaissance, ce profil d'atteinte spécifique des gestes transitifs dans toutes les modalités d'exécution est rapporté pour la première

fois chez un droitier. Poeck et Lehmkuhl (1980) ont publié un cas similaire chez un gaucher: Toutefois, leur patient présentait également de légères difficultés dans l'imitation des autres types de gestes. Chez P.F., ce déficit persistant de l'exécution des gestes transitifs ne peut être attribué à un état démentiel, à une agnosie visuelle, ou à un trouble de compréhension verbale en raison d'un maintien du rendement cognitif et même d'une amélioration de certains paramètres du langage (discours spontané, compréhension verbale). Ce trouble ne semble pas non plus provenir d'une apraxie idéomotrice «classique» puisque la production de tous les gestes significatifs devrait être perturbée sur imitation.

Une explication possible serait que les gestes transitifs sont atteints de façon sélective en raison du niveau de difficulté de ces mouvements comparativement aux autres types de gestes évalués. Les variations des performances aux tâches praxiques refléteraient des différences dans les ressources cognitives requises pour exécuter ces tâches (Bélanger, Duffy et Coelho, 1996), plutôt que l'atteinte de mécanismes spécifiques impliqués dans le traitement des mouvements transitifs. Cependant, P.F. présente des performances déficitaires dans toutes les modalités de présentation des gestes transitifs et ce, même dans une condition fortement contextualisée d'utilisation réelle d'un outil, alors que les témoins âgés plafonnaient à toutes ces tâches. De plus, il peut reproduire des séquences de gestes arbitraires qui sont non-automatisées et complexes en raison de la transposition gauche-droite nécessaire lors de l'imitation de ce type de geste. Donc, cette performance suggère que P.F. peut exécuter correctement des

gestes arbitraires qui exigent des efforts auto initiés; il est donc peu probable que la difficulté à réaliser des gestes transitifs soit attribuable à un manque d'efforts auto initiés ou à une dissociation « automatique-volontaire ». D'ailleurs, Harrington et Haaland (1997) ont démontré que le niveau de difficulté du geste dépend de ses composantes (v.g., le nombre de mouvements impliqués, la coordination de un ou de plusieurs membres, l'étendue des erreurs possibles) plutôt que du type de geste. L'hypothèse d'une atteinte différentielle liée au niveau de difficulté de la tâche paraît donc inadéquate pour rendre compte des atteintes observées chez P.F.

Considérant que les représentations des gestes transitifs sont préservées chez P.F., les résultats des études présentées suggèrent plutôt que les représentations des gestes transitifs sont partiellement inaccessibles aux aires motrices qui reçoivent ainsi des coordonnées imprécises pour la programmation motrice de ces mouvements; cette atteinte serait responsable des erreurs de forme de la main et des erreurs spatiotemporelles observées dans l'exécution des mouvements transitifs. Cette hypothèse repose sur des données neuropsychologiques et psychophysiologiques suggérant que le système praxique pourrait traiter les gestes transitifs différemment.

Premièrement, quelques études neuropsychologiques ont révélé des dissociations de performance entre la production de gestes transitifs et intransitifs (Goldenberg & Hagmann, 1997; Poeck et Lehmkuhl, 1980). Certains auteurs ont suggéré l'existence de représentations spécialisées

requis pour les postures manuelles complexes associées aux gestes transitifs, à partir de l'observation de patients qui présentent des perturbations kinesthésiques des gestes transitifs seulement (Sirigu et al., 1995; Rapcsak et al., 1995). Sirigu et al (1995) ont proposé que la manipulation d'un objet requiert la connaissance de son utilité (connaissance sémantique) et la connaissance des différents patrons d'actions manuelles qu'un objet offre (connaissance fonctionnelle). Cette distinction entre les connaissances sémantiques et fonctionnelles d'un objet est supportée par une dissociation entre la reconnaissance de l'objet (*What*) et les troubles des mouvements de préhension, de saisie et de manipulation des objets (*How*) observés chez les sujets cérébrolésés (Goodale et al., 1991; Goodale et Milner, 1992; Jeannerod, 1986; Sirigu et al., 1991). Deuxièmement, des données électrophysiologiques chez le primate (Jeannerod et al., 1995) et chez l'humain (Watson et al., 1986) ont identifié l'existence de réseaux spécifiques de neurones, au niveau des aires pariétales et prémotrices, qui seraient impliqués dans la médiation de différents types de mouvements transitifs. Troisièmement, l'existence d'un système pragmatique dorsal (pariétofrontal) qui intervient dans le contrôle des mouvements transitifs est présentement supportée par plusieurs sources (Goodale et al., 1994; Jeannerod, 1994; Sirigu et al., 1996). Plus spécifiquement, le lobe pariétal inférieur gauche (aires de Brodmann 39 et 40) a été proposé comme le site critique contenant les représentations spatio-temporelles des praxies qui fournissent l'information nécessaire pour la programmation des actes moteurs complexes aux aires motrices (Heilman et al., 1986). L'aire motrice supplémentaire (AMS) gauche jouerait également

un rôle important dans la programmation des mouvements transitifs (Watson et al., 1986).

Dans le cas de P.F., les projections reliant le lobule pariétal supérieur au cortex prémoteur et à l'AMS pourraient avoir été lésées (large atteinte pariétale postérieure impliquant les aires 39, 40 et 7), ce qui empêcherait les représentations préservées des gestes transitifs d'être traduites en programme moteur complexe par l'AMS (Watson et al., 1986). Cette hypothèse des mécanismes impliqués dans le trouble praxique de P.F. semble donc soutenue par plusieurs données neuropsychologiques et neurophysiologiques actuelles.

Par ailleurs, la méthode d'observation traditionnelle des erreurs praxiques utilisée chez ce sujet limite le niveau des inférences possibles quant aux mécanismes impliqués en raison d'un manque de précision de cette mesure (v.g. l'oeil peut mesurer des erreurs spatio-temporelles grossières et des erreurs de posture manuelle). L'utilisation d'une procédure d'analyse tridimensionnelle informatisée aurait permis d'obtenir des données numériques précises et objectives quant aux attributs spatiaux et temporeux des gestes (Clark et al., 1994; Poizner et al., 1990).

2. Caractérisation de l'apraxie gestuelle dans la DTA

La même procédure d'analyse par référence au modèle cognitif des praxies de Rothi et al. (1991) a été utilisée auprès de patients souffrant de DTA et leur performance a été comparée à celles de témoins âgés. Les résultats chez les patients DTA révèlent des déficits marqués à plusieurs de ces tâches comparativement aux témoins âgés. D'abord, le répertoire d'entrée d'action semblait déficitaire chez six des patients évalués qui ont présenté des troubles de reconnaissance des gestes. Cependant, il est possible que l'atteinte observée dans la reconnaissance des gestes soit partiellement attribuable aux exigences de la tâche elle-même qui requiert plusieurs autres processus cognitifs, tels que les mécanismes visuoperceptuels et d'accès lexical. Ainsi, l'épreuve visait à identifier le pantomime, effectué par l'examineur, par le nom ou par circonlocutions. Cette tâche ne comportait pas de choix de réponses, ce qui aurait permis de diminuer l'effet des troubles d'accès lexical observés au cours du vieillissement normal et pathologique (Van der Linden & Hupet, 1994) et de mettre en évidence des erreurs sémantiques par l'utilisation de distracteurs. Finalement, les performances en reconnaissance n'étaient pas significativement corrélées avec les performances d'exécution de gestes chez ces patients.

Deuxièmement, le système conceptuel des actions semblait particulièrement touché dans la DTA et ce, même dans les tâches n'exigeant pas la manipulation réelle des objets. En effet, neuf des dix patients DTA

présentent une apraxie conceptuelle caractérisée par une perte de la connaissance des actions associées aux objets et par des erreurs de contenu (perplexité, substitution, omissions, etc) dans les tâches d'utilisation d'objets. Ce résultat n'est pas attribuable à un biais de sélection, car les sujets n'ont pas été sélectionnés selon un trouble praxique. Ces déficits des connaissances de l'action étaient accompagnés de déficits des connaissances sémantiques verbales lors des tâches de dénomination, de compréhension verbale et d'associations visuo-sémantiques (catégorielles et fonctionnelles). L'analyse des profils individuels ne révèle aucun cas d'atteinte sélective du système conceptuel de l'action en l'absence d'un trouble de sémantique verbale. Ainsi, l'apraxie conceptuelle est observée seulement chez des sujets DTA présentant une atteinte globale des connaissances sémantiques. D'ailleurs, la sévérité de l'atteinte sémantique verbale est associée à une apraxie conceptuelle plus marquée qui est observable même aux tâches d'utilisation d'objets plus contextualisées. De plus, l'exécution des pantomimes sur commande verbale était également corrélée à la compréhension verbale chez les sujets DTA dans la troisième étude (article n° 3): Cette corrélation ne peut être expliquée par une mauvaise compréhension des consignes lors de l'examen des praxies, puisque les sujets auraient produit des mouvements non-reliés à la commande plutôt que des erreurs BPO qui reflètent d'avantage une conception partielle du geste. Enfin, six patients montrent une association d'AIM et d'AC, tandis qu'un cas seulement présentait une AIM isolée.

2.1 Interprétations des mécanismes cognitifs impliqués

Considérant qu'une atteinte sémantique est fréquente dans la DTA (Chertkow et al., 1993), ce travail avait pour objectif d'évaluer d'une part, l'hypothèse d'une atteinte des connaissances sémantiques des actions chez ces sujets et d'autre part, l'hypothèse d'une atteinte du système sémantique d'actions sans atteinte du système sémantique verbal, tel que suggérée par Ochipa et al. (1992). Cette hypothèse est représentée dans le modèle de Rothi et al. (1991) par un système de sémantique d'actions qui est indépendant des autres types de connaissances sémantiques: Ainsi, ces auteurs considèrent que l'AC est caractérisée par une atteinte sélective du système sémantique d'actions avec une préservation du système sémantique verbal.

Premièrement, les données obtenues confirment l'hypothèse d'une fréquence élevée d'atteintes du système sémantique des actions dans la DTA, telle que déjà rapportée (Benke, 1993; Ochipa et al., 1992). Les présents résultats ne supportent pas l'hypothèse d'un trouble de programmation des séquences d'actions pour expliquer l'AC, telle que proposée par Lehmkuhl et Poeck (1981). Contrairement aux résultats obtenus dans leur étude, les erreurs séquentielles étaient peu fréquentes dans la tâche d'utilisation d'objets; la préhension inadéquate de l'objet et les erreurs d'omission d'une étape de l'action étaient les plus fréquentes chez nos patients DTA. Enfin, l'hypothèse d'un trouble séquentiel prédit que les sujets apraxiques ne produisent pas d'erreurs dans l'utilisation d'un seul objet puisque cette tâche ne comporte pas de séquence d'actions. Les patients DTA étudiés ici

présentent des erreurs praxiques dans l'utilisation d'un seul objet et des difficultés à comprendre un geste d'utilisation présenté par l'examineur, ce qui milite en faveur d'une atteinte des représentations conceptuelles du geste, plutôt que d'un trouble de la programmation séquentielle des actions. Les tâches d'utilisation de plusieurs objets pourraient donc s'avérer plus difficiles pour les apraxiques en raison de la demande conceptuelle plus élevée dans cette condition (Willis et Behrens, 1992)

Deuxièmement, les résultats obtenus révèlent une association entre les déficits de sémantique d'actions et de sémantique verbale chez les patients DTA évalués. Cette association de déficits sémantiques pourrait provenir d'une proximité anatomique des réseaux de neurones impliqués dans ces fonctions, puisque l'hémisphère gauche est spécialisé pour le langage et pour la programmation des praxies gestuelles chez la plupart des droitiers (Kimura et Archibald, 1974). Toutefois, les données présentées ici paraissent peu compatibles avec cette hypothèse. D'une part, l'analyse individuelle des 10 profils DTA a révélé une atteinte parallèle des deux types de connaissances chez 9 patients; de plus, la sévérité de l'AC est proportionnelle à la sévérité du déficit de sémantique verbale chez ces patients, ce qui témoigne d'une atteinte au moins parallèle, sinon commune de l'organisation ou de l'accès aux représentations sémantiques soutenant ces habiletés. D'autre part, il est peu probable que ces 9 patients DTA aient tous présentés simultanément une atteinte des mêmes réseaux cérébraux qui sous-tendent ces habiletés, étant donné que l'hétérogénéité des profils et

des atteintes neurologiques est reconnue dans cette maladie (Fisher et al., 1997).

D'un point de vue cognitif, cette association des déficits sémantiques verbaux et d'actions peut être expliquée soit par des troubles cognitifs indépendants, mais simultanés affectant le langage et les praxies (Ochipa et al., 1992; Raymer, 1992), soit par une détérioration d'un système sémantique central soutenant ces deux habiletés (Langhans, 1985; Kempler, 1988). La première explication paraît inadéquate pour rendre compte de nos résultats pour deux raisons. Premièrement, un déficit des connaissances de l'action était significativement corrélé avec un déficit de compréhension verbale et avec un déficit des connaissances sémantiques catégorielles et fonctionnelles des objets dans le groupe de sujets DTA. Donc, la sévérité des déficits de sémantique d'actions semblent varier conjointement à la sévérité des déficits de sémantique verbale. Deuxièmement, les déficits observés ne peuvent relever exclusivement d'un trouble praxique ou langagier et semblent plutôt attribuables à un mécanisme commun impliqué dans ces deux fonctions. Par exemple, les sujets DTA produisent très peu d'erreurs lors de l'imitation de gestes arbitraires, ce qui suggère que la difficulté n'est pas d'exécuter des mouvements volontaires, mais de générer un geste *significatif*. De même, un trouble de compréhension verbale des consignes ne peut rendre compte des performances déficitaires dans l'exécution des pantomimes, puisque les sujets DTA produisent surtout des erreurs de type BPO dans cette tâche, ce qui témoigne d'une compréhension adéquate de la consigne qui est globalement respectée, mais d'une conceptualisation

incomplète ou concrète du geste à faire. Enfin, les sujets DTA montrent des difficultés à comprendre et à identifier des gestes significatifs. Ce résultat suggère également une atteinte conceptuelle qui entrave la compréhension des gestes observés et qui ne paraît pas explicable uniquement par un trouble praxique ou langagier. L'ensemble de ces données paraît donc peu compatible avec l'hypothèse de troubles cognitifs indépendants, mais simultanés impliquant le langage et les praxies pour expliquer l'association des atteintes de la sémantique verbale et de la sémantique des actions. Les résultats obtenus militent plutôt en faveur de l'atteinte d'un système sémantique central soutenant ces deux types de connaissances, tel que proposé par Glosser et al. (1998) dans la DTA. Nos résultats ne révèlent aucune dissociation de performances entre les connaissances verbales et les connaissances des actions chez les 10 sujets DTA, ce qui ne supporte pas l'hypothèse de systèmes sémantiques distincts pour ces types de représentations (Shallice, 1988; Ochipa et al., 1992). Toutefois, des dissociations de performances sont observées selon les différentes modalités de présentation de la consigne (verbale, imitation, présentation visuelle de l'objet) dans l'exécution des pantomimes chez les sujets DTA. Ces dissociations pourraient être attribuables à une atteinte sélective des processus d'entrée ou de reconnaissance pré-sémantique des différents signaux utilisés (verbaux, visuels, gestuels).

3. Contributions théoriques au modèle cognitif du traitement des praxies gestuelles

Une des motivations de ce travail était d'évaluer la pertinence du modèle théorique de Rothi et al. (1991) pour rendre compte des comportements apraxiques observés. En premier lieu, il semblait important d'investiguer la distinction proposée entre les capacités de compréhension et d'exécution des gestes, représentée dans le modèle de Rothi et al. (1991) par des répertoires d'actions d'entrée et de sortie distincts. Les résultats obtenus supportent cette distinction puisque des dissociations entre ces deux performances ont été observées chez nos sujets DTA et chez un sujet ayant une lésion cérébrale focale. Les mêmes résultats ont été rapportés antérieurement par Bell (1994). Cependant, Heilman et Rothi (1982) prévoient une atteinte conjointe de la compréhension et de l'exécution des gestes en cas d'atteinte pariétale par la destruction des représentations gestuelles, contrairement aux apraxiques ayant une lésion antérieure. Les présents résultats contredisent cette proposition puisque P.F. avait une lésion temporo-pariétale postérieure documentée, en l'absence d'un trouble de discrimination et de compréhension des gestes; ce résultat témoigne plutôt d'une localisation plus diffuse des représentations gestuelles. Également, quelques sujets DTA (40 %) ne présentaient pas de trouble de reconnaissance des pantomimes, malgré une atteinte fréquente des zones associatives postérieures dans cette maladie (Puel et al., 1991). Toutefois, les lésions cérébrales n'ont pu être documentées chez ces sujets. Enfin, des

études récentes d'imagerie cérébrale fonctionnelle suggèrent que la reconnaissance des gestes comporte des demandes conceptuelles, linguistiques et visuoperceptuelles et serait donc distribuée de façon diffuse (Decety & Grezes, 1997; Rapcsak et al., 1995).

Deuxièmement, nous voulions explorer la possibilité d'un système sémantique d'actions qui serait fractionné des autres connaissances sémantiques des objets et qui pourrait être atteint de façon sélective. L'analyse des profils individuels des sujets DTA n'a révélé aucun cas d'atteinte sélective du système conceptuel d'actions en l'absence d'un trouble de sémantique verbale. Au contraire, les déficits des connaissances d'actions et la sévérité associée de l'apraxie conceptuelle semblaient fortement liés au degré de détérioration des connaissances sémantiques verbales. Ces données ne supportent pas la proposition d'un système sémantique d'actions fractionné des autres types de connaissances sémantiques associées aux objets. D'autres investigateurs (Heilman et al., 1997) ont également rapporté une relation significative entre un déficit des connaissances des actions et un déficit des connaissances sémantiques verbales chez des sujets cérébrolésés gauches en utilisant une batterie d'épreuves standardisée pour l'évaluation des déficits sémantiques langagiers. Ces auteurs n'ont trouvé aucun cas d'atteinte sélective des connaissances de l'action, tout comme dans les présents résultats, en ayant administré les mêmes épreuves que celles utilisées dans ce travail (le protocole d'évaluation du système conceptuel des praxies de Ochipa et al., 1992).

Des différences méthodologiques importantes pourraient expliquer les résultats contradictoires obtenus par Ochipa et al. (1992), qui ont trouvé des déficits de sémantique d'actions chez des sujets DTA en l'absence d'atteinte de sémantique verbale. Contrairement à ces auteurs qui ont utilisé une seule mesure de la sémantique verbale (Lesser, 1974), trois tâches visant à explorer les connaissances sémantiques des objets (dénomination, compréhension verbale et associations visuelles catégorielles et fonctionnelles) ont été administrées dans la présente étude. Étant donné que l'hypothèse de l'atteinte d'une fonction neuropsychologique repose sur la convergence des résultats aux tâches évaluant cette fonction (Lezak, 1983), l'utilisation d'une seule tâche de sémantique verbale paraît insuffisante pour conclure à l'intégrité des connaissances sémantiques. De plus, le faible niveau de difficulté de la tâche sémantique utilisée dans l'étude d'Ochipa et al. (compréhension verbale de mots seulement) contrastait nettement avec la difficulté élevée des tâches de sémantique d'actions (v.g. résoudre des problèmes mécaniques et sélectionner des outils). Enfin, seules des comparaisons de groupe ont été effectuées dans cette étude, négligeant ainsi les profils individuels.

Les résultats présentés dans ce travail concernant une atteinte sémantique dans la DTA ne permettent pas de préciser le type d'atteinte des représentations évaluées (dégradées ou inaccessibles). L'utilisation des mêmes items pour les épreuves praxiques et verbales aurait pu permettre de caractériser davantage le type de trouble par l'analyse de la consistance des

erreurs pour chaque item aux deux types de tâches. Toutefois, la description détaillée de l'organisation du système sémantique dépasse largement le cadre de ce travail qui visait plutôt à évaluer la proposition d'Ochipa quant à l'existence d'un système d'action pouvant être sélectivement atteint dans la DTA. Pour ce faire, il a semblé plus judicieux d'utiliser les épreuves déjà décrites dans la littérature ou déjà normalisées pour répondre aux hypothèses de recherche.

Enfin, le modèle cognitif de Rothi et al. (1991) ne peut rendre compte du déficit sélectif de l'exécution des gestes transitifs observé chez P.F., car il prévoit une seule voie finale de traitement impliquée dans la production de tous les gestes significatifs (symboliques et transitifs). Le profil de P.F. est incompatible avec cette proposition puisqu'il aurait dû présenter, selon ce schéma, une atteinte parallèle des gestes symboliques et transitifs. Les résultats présentés ici suggèrent plutôt une division au sein du système de production entre une voie qui sous-tend les gestes d'utilisation et une autre régissant les gestes de communication ou les gestes intransitifs. Aucune étude, toutefois, n'a rapporté de dissociation inverse du profil de P.F., c.à.d. un trouble de l'exécution des gestes intransitifs sans atteinte des gestes transitifs dans un cas d'apraxie. Toutefois, Poizner (1992) a rapporté quelques cas d'aphasie sans apraxie gestuelle chez des sourds utilisant le langage des signes, ce qui suggère une dissociation possible des gestes de communication et des gestes d'utilisation au sein de la même modalité gestuelle dans cette population.

4. Impact clinique pour l'évaluation et la remédiation des apraxies gestuelles

Nos résultats montrent que l'apraxie gestuelle est un symptôme fréquent dans la DTA pouvant avoir un impact sur les capacités d'utiliser les objets au quotidien. Par ailleurs, il s'agit d'un aspect souvent négligé de l'examen neuropsychologique. Les résultats obtenus dans l'étude du sujet apraxique P.F. montrent que les troubles praxiques consécutifs à une atteinte vasculaire peuvent être chroniques et demeurer une source de handicap pour le patient. Il semble donc important de choisir des épreuves qui permettent une analyse des processus cognitifs proposés dans un modèle théoriquement fondé, car ces données peuvent servir directement à l'élaboration de stratégies compensatoires.

Contrairement à l'aphasie, il n'existe pas de batterie de tâches standardisées commercialisée pour l'évaluation clinique de l'apraxie; le diagnostic clinique repose trop souvent sur l'expérience personnelle du clinicien. Seule une batterie utilisée en recherche (De Renzi, 1985) contient l'ensemble des tâches nécessaires à un examen pratique et relativement rapide des composants praxiques. Le développement d'épreuves cliniques standardisées permettrait de faciliter le diagnostic des patients apraxiques qui demeurent souvent non traités. L'utilisation d'une batterie comportant différents types de tâches permettrait également de cibler davantage les conditions pouvant améliorer les performances du patient, et,

incidemment, de favoriser la rééducation de ces troubles. Ainsi, certains patients apraxiques bénéficient des indices fournis par la modalité tactile (par exemple, un sujet qui n'a pas de difficulté praxique lors de l'utilisation réelle des objets) ou par le contexte d'utilisation naturel (par exemple, se servir d'une cuillère déposée à côté d'un bol de soupe) (De Renzi, 1985; Faglioni et Basso, 1985). Toutefois, un contexte naturel peut nuire aux performances du sujet apraxique en lui fournissant des possibilités multiples d'action à sélectionner (Riddoch, Humphreys, & Price, 1989).

Dans ce travail, l'influence du contexte sur les performances des apraxiques est observable tant chez le sujet présentant un trouble de production que chez les sujets DTA montrant un trouble conceptuel. Les habiletés à manipuler des objets de P.F. étaient relativement fonctionnelles lorsque la tâche comportait plusieurs indices contextuels et peu d'alternatives gestuelles. Une stratégie de compensation adaptée pour P.F. commanderait donc d'épurer l'environnement en présentant le plus souvent possible le minimum d'objets nécessaires à la tâche, tel que proposé par certains auteurs (Ajuriaguerra, Bellet-Muller, Tissot, 1964; Roy, 1982). Dans le cas d'atteintes focales comme celle de P.F., le travail de réadaptation des praxies doit avoir recours à l'attention volontaire (Norman et Shallice, 1986), ainsi qu'à la répétition sensori-motrice des actions et des indices verbaux externes (Bergego, Diehl, Taillefer et Migeot, 1994).

Certains indices contextuels (données structurales visuelles des objets) pourraient donc activer directement les représentations d'actions de sortie et

faciliter l'exécution du geste en cas d'une atteinte du système conceptuel (Riddoch et al., 1988; Buxbaum et al., 1997). Toutefois, chez les patients DTA cognitivement plus détériorés, on peut penser que ce lien fonctionnel direct entre la vision et l'action est également altéré, en plus du système sémantique, puisqu'ils ne pouvaient bénéficier des indices contextuels.

Une autre difficulté des sujets DTA concerne la perte de l'automatisation des actions volontaires. Les atteintes du cortex préfrontal sont reconnues pour compromettre l'intégrité des systèmes attentionnels et de la mémoire de travail qui sont nécessaires à l'action qui n'est plus automatisée (Schwartz et al., 1995). Or, une atteinte de ces mécanismes préfrontaux peut être envisagée chez nos sujets DTA qui présentaient des difficultés aux tâches d'utilisation contextualisées. Puisque ces patients présentent une meilleure préservation de la mémoire procédurale (Eslinger et Damasio, 1986), le réapprentissage des praxies nécessaires aux activités de la vie quotidienne pourrait être effectué par une technique d'apprentissage sans erreur comprenant un estompage progressif des indices sensori-moteurs durant l'activité (Van der Linden & Hupet, 1994). Par ailleurs, l'application de cette technique est longue et onéreuse, et, à notre connaissance, aucune étude n'en supporte la validité chez des apraxiques souffrant de DTA. Présentement, le traitement pharmacologique à l'aide d'inhibiteurs de la cholinestérase offre également une avenue intéressante dans la DTA, car cette thérapie ralentirait le déclin, entre autres, des habiletés praxiques (Friedhoff et Rogers, 1997).

En somme, de nombreuses interrogations demeurent quant à la nature des mécanismes impliqués dans la conception et la production des praxies gestuelles. Par exemple, quelle est la forme des représentations gestuelles considérant que les gestes sont acquis au même titre que les mots et qu'ils ont également un but de communication. Les liens entre les habiletés praxiques et leurs relations aux autres systèmes cognitifs (par exemple, l'attention, les fonctions exécutives, le schéma corporel) paraissent également peu étudiés. De même, l'association fréquente de troubles praxiques tels que l'apraxie conceptuelle et l'apraxie constructive n'a jamais été véritablement explorée, alors que l'apraxie constructive pourrait être considérée comme un trouble d'utilisation d'objets dans l'espace extrapersonnel.

La complexité et la diversité des troubles praxiques commandent une approche multi-disciplinaire (psychologie cognitive, neuropsychologie, neurologie, psychophysiologie, kinesthésiologie, etc) pour comprendre les différents niveaux de traitement des gestes volontaires. Néanmoins, il ne fait aucun doute que l'approche de neuropsychologie cognitive s'est avérée fructueuse pour la caractérisation et la compréhension des troubles praxiques. Les travaux du type de ceux présentés dans cette thèse mettent en relief l'hétérogénéité des désordres praxiques et le besoin d'élaboration des modèles théoriques actuels afin de générer des traitements appropriés pour les individus souffrant d'apraxie gestuelle.

References

- Alexander, M.P., Baker, E., Naeser, M.A., Kaplan, E., Palumbo, C. (1992). Neuropsychological and neuroanatomical dimensions in ideomotor apraxia. Brain, 115, 87-107.
- Alzheimer A. (1977). A unique illness involving the cerebral cortex. In DA. Rottenberg & FH. Hochenberg (Eds), Neurological classics in modern translation (pp. 41-43) . New York: Haffner Press.
- Assal G, Regli, F. (1980). Syndrome de disconnexion visuo-verbale et visuo-gestuelle. Aphasie optique et apraxie optique. Revue Neurologique, 136, 365-376.
- Barbieri C, De Renzi, E. (1988). The executive and ideational components of apraxia. Cortex, 24, 535-543.
- Basso, A., Capitani, E., Della Sala, S., Laiacona, M., Spinnler, H. (1987). Recovery from ideomotor apraxia. Brain, 110, 747-760.
- Bayles K.A., Kasniak A.W. (1987). Communication and Cognition in normal aging and dementia. Boston: Little, Brown.
- Belanger SA, Duffy RJ, Coelho C. (1996). The assessment of limb apraxia: An investigation of task effects and their cause. Brain and Cognition, 32: 384-404.
- Benke, T. (1993). Two forms of apraxia in Alzheimer's disease. Cortex, 29, 715-725.
- Bergego C., Pradat-Diehl P., Deloche G. (1992). Apraxie idéatoire et reconnaissance de l'utilisation des objets. Revue de Neuropsychologie, 2, 193-206.
- Brown J.W. (1988). Agnosia and apraxia: Selected papers of Liepmann, Lange, and Pötzl. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Buxbaum, LJ., Schwartz, MF., Carew, TG. (1997). The role of semantic memory in object use. Cognitive neuropsychology, 14 (2), 219-254.

-
- Caramazza, A., Hillis, A.E., Rapp, B.C., & Romani, C. (1990). The multiple semantics hypothesis: Multiple confusions ? Cognitive neuropsychology, 7, 161-189.
- Chertkow, H., Bub, D., Cosgrove, R., Dixon, R. (1993). Des troubles sémantiques dans la maladie d'alzheimer à la description de l'architecture fonctionnelle de la mémoire sémantique. Revue de neuropsychologie, 3 (2), 181-202.
- Clark MA, Merian AS, Kothari A, Poizner H. (1994). Spatial planning deficits in limb apraxia. Brain, 117: 1093-1106.
- De Ajuriaguerra J., Hécaen H., Angelergues R. (1960). Les apraxies: Variétés cliniques et latéralisation lésionnelle. Revue Neurologique, 102, 566-594. Della Salla, S., Lucchelli, F., Spinnler, H. (1987). Ideomotor apraxia in patients with dementia of Alzheimer type. Journal of Neurology, 234, 91-93.
- De Renzi, E. (1985). Methods of limb apraxia examination. In E.A. Roy (Ed.), Neuropsychological studies of apraxia and related disorders (pp.45-61). North Holland: Elsevier science.
- De Renzi E., Faglioni P., Sorgato P. (1982). Modality-specific and supramodal mechanisms of apraxia. Brain, 105, 301-312.
- DeRenzi, E., Lucchelli, F. (1988). Ideational Apraxia. Brain, 111, 1173-1185.
- De Renzi E., Motti F., Nichelli P. (1980). Imitating gestures: A quantitative approach to ideomotor apraxia. Archives of Neurology, 37, 6-10.
- Duffy, J.R., & Watkins, L.B. (1984). The effect of response hoice relatedness on pantomime and verbal recognition ability in aphasic patients. Brain and Language, 21, 291-306.
- Dumont, C. & Ska, B. (1998). Limb apraxia and verbal comprehension in Alzheimer's disease. Brain and Cognition, 37 (1), 93-96.
- Dumont, C., & Ska, B. (1999). Pantomime recognition impairment in Alzheimer's disease. Brain and Cognition (sous presse).
- Dumont, C, Ska, B., Schiavetto, A. (1999). Selective impairment of transitive gestures: An unusual case of apraxia. Neurocase (sous presse).

-
- Feyereisen, P., Corbetta, D. (1994). La gestualité intentionnelle. In X. Seron et M. Jeannerod, P.Mardaga (Ed.), Neuropsychologie humaine, (pp.240-247), Belgique.
- Fisher, N.J., Rourke, B.P., Bieliauskas, L.A., Giordani, B., Berent, S., Foster, N.L.(1997). Unmasking the heterogeneity of Alzheimer's disease: case studies of individuals from distinct neuropsychological subgroups. Journal of clinical and experimental neuropsychology, 19 (5), 713-754.
- Friedhoff, L., Rogers, S.L. (1997). Donezepil lengthens time to loss of activities of daily living in patients with mild to moderate Alzheimer's disease. Neurology, 48, 100.
- Gainotti, G., Miceli, G., Caltagirone, C. (1979). The relationships between conceptual and semantic-lexical disorders in aphasia. International Journal of Neuroscience, 10, 45-50.
- Geschwind N.(1975). The apraxias: Neural mechanisms of disorders of learned movement. American Scientist, 63, 188-195.
- Glosser, G., Wiley, M.J., Barnoski, E.J. (1998). Gestural communication in Alzheimer's disease. Journal of clinical and experimental neuropsychology, 20 (1), 1-13.
- Goldenberg G, Hagmann S. (1997). The meaning of meaningless gestures: A study of visuo-imitative apraxia. Neuropsychologia, 35, 333-341.
- Goodale M.A., Milner A.D. (1992). Separate visual pathways for perception and action. Trends in Neuroscience, 15, 20-25.
- Goodale M.A., Milner A.D., Jakobson L.S., Carey D.P.(1991). A neurological dissociation between perceiving objects and grasping them. Nature, 349, 154-156.
- Goodale MA, Jakobson LS, Keillor JM. (1994). Differences in the visual control of pantomimed and natural grasping movements. Neuropsychologia, 32, 1159-1178.
- Haaland K.Y., Flaherty D. (1984). The different types of limb apraxia errors made by patients with left vs right hemisphere damage. Brain and Cognition, 3, 370-384.
- Harrington, D.L. & Haaland, K.Y. (1992). Motor sequencing with left hemisphere damage. Are some cognitive deficits specific to limb apraxia ? Brain, 115, 857-674.

-
- Hécaen, H., & Rondot, P. (1985). Apraxia as a disorder of a system of signs. In E.A. Roy (Ed.), Neuropsychological studies of apraxia and related disorders. Amsterdam: North-Holland.
- Heilman, K.M. (1973). Ideational apraxia, a re-definition. *Brain*, 96, 861-864.
- Heilman, K.M., Maher, L.H., Greenwald, L., & Rothi, L.J.G. (1997). Conceptual Apraxia from lateralized lesions. *Neurology*, 45, A266.
- Heilman, K. M.; Rothi, L.J.G. (1994). Clinical Neuropsychology, Chap. 7, Oxford: Oxford University Press.
- Heilman K.M., Rothi L.J.G., Mack L, Feinberg T, Watson R.T. (1986). Apraxia after a superior parietal lesion. *Cortex*, 22, 141-150.
- Heilman, K. M., Rothi, L.J.G., Valenstein, E. (1982). Two forms of ideomotor apraxia. *Neurology*, 32, 342-346.
- Jason, G.W. (1983). Hemispheric asymmetries in motor function: Left-hemisphere specialization for memory but not performance. *Neuropsychologia*, 21(1), 35-45.
- Jeannerod M. (1986). The formation of finger grip during prehension: A cortically mediated visuomotor pattern. *Behavioral Brain Research*, 19: 99-116.
- Jeannerod M. (1994). The representing brain: Neural correlates of motor intention and imagery. *Behavioral and Brain Sciences*, 17, 187-245.
- Jeannerod, M., Arbib M.A., Rizzolatti, G., Sakata, H. (1995). Grasping objects: The cortical mechanisms of visuomotor transformation. *Trends in Neurosciences*, 7: 314-316.
- Johnson, M. K.; Hermann, A. M. (1995). Semantic relations and Alzheimer's disease: an early and disproportionate deficit in functional knowledge. *Journal of the international neuropsychological Society*, 1, 568-574.
- Karcken, D.A., Unverzagt, F., Caldemeyer, K., Farlow, M.R., Hutchins, G.D. (1998). Functional Brain imaging in apraxia. *Archives of neurology*, 55, 107-113.
- Kempler, D. (1988). Lexical and Pantomime abilities in Alzheimer's disease. *Aphasiology*, 2(2), 147-159.

-
- Kimura, D. (1993). *Neuromotor mechanisms in human communication*. New York: Oxford University Press.
- LeGall, D. Apraxies idéomotrice et idéatoire: revue critique de la littérature. Revue de neuropsychologie, 2 (3), 325-371.
- Lehmkuhl, G., Poeck, K. (1981). A Disturbance in the Conceptual organisation of actions in patients with Ideational Apraxia. Cortex, 17, 153-158.
- Lezak, M. (1983). *Neuropsychological assessment*. Oxford University Press, New York. Chap.6.
- Lucchelli, F., Lopez, O., Faglioni, P., Boller, F. (1993). Ideomotor and Ideational apraxia in Alzheimer Disease. International Journal of Geriatric Psychiatry, 8, 413-417.
- Mehler, M.F. (1987). Visuo-imitative apraxia. Neurology, 37, 129.
- Moll, J., De Oliveira-Souza, R., De Souza-Lima, F., Andreiuolo, P.A. (1998). Activation of left intraparietal sulcus using a FMRI conceptual praxis paradigm. Arq. Neuropsiquiatr. (Brasil), 56 (4), 808-811.
- Motomura, N., Yamadori, A. (1994). A case of ideational apraxia with impairment of object use and preservation of object pantomime. Cortex, 30, 167-170.
- Mozaz, M.J. (1992). Ideational and ideomotor apraxia: A qualitative analysis. Behavioural Neurology, 5, 11-17.
- Nadeau, S.E., Roeltgen, D.P., Sevush, S. (1994). Apraxia due to pathologically documented thalamic infarction. Neurology, 44, 2133-2137.
- Ochipa, C., Rapcsak, S.Z., Maher, L.M., Rothi L.J.G., Bowers, D., Heilman, K.M., (1997). Selective deficit of praxis imagery in ideomotor apraxia. Neurology, 49, 474-480.
- Ochipa, C., Rothi, L.J.G., & Heilman, K.M. (1989). Ideational Apraxia: A Deficit in Tool selection and use. Annals of Neurology, 25(2), 190-193.
- Ochipa, C., Rothi, L.J.G. & Heilman, K.M. (1992). Conceptual Apraxia in Alzheimer's disease, Brain, 115, 1061-1071.

-
- Paivio, A. (1986). Mental representations: a dual coding approach. New York: Oxford University Press.
- Pena-Casanova, J., Bertran-Serra, I. (1993). Limb praxis patterns in early-moderate stage of dementia of the Alzheimer type. Revue neurologique (Barcelona), 21, 240-243.
- Pilgrim, E., Humphreys, G.W. (1991). Impairment of action to visual objects in a case of ideomotor apraxia. Cognitive Neuropsychology, 8, 459-473.
- Poeck, K. (1983). Ideational apraxia. Journal of Neurology, 230, 1-5.
- Poeck, K. (1986). The clinical examination for motor apraxia. Neuropsychologia, 24, 129-134.
- Poizner, H., Mack, L., Verfaelli, M., Rothi, L.J.G., Heilman, K.M. (1990). Three-dimensional computergraphic analysis of apraxia. Brain, 113, 85-101.
- Puel, M., Démonet, J., Ousset, P., Rascol, O. (1991). La maladie d'Alzheimer. In M.Habib, Y. Joannette & M. Puel. Démences et syndromes démentiels: approche neuropsychologique. Paris:Masson.
- Rapcsak, S. Z., Crosswell, S. C., Rubens, A. B. (1989). Apraxia in Alzheimer's disease. Neurology, 39, 664-668.
- Rapcsak, S.Z., Ochipa, C., Anderson, K.C., Poizner, H. (1995). Progressive ideomotor apraxia: evidence for a selective impairment of the action production. Brain and Cognition, 27, 213-236.
- Rapcsak, S.Z., Ochipa, C., Beeson, P., Rubens, A. (1993). Praxis and the right hemisphere. Brain and Cognition, 23, 181-202.
- Raymer, A.M. (1992). Dissociations of semantic knowledge: Evidence from Alzheimer's disease. Unpublished doctoral dissertation, University of Florida.
- Riddoch, M.J., Humphreys, G.W., Coltheart, M., Funnell, E. (1988). Semantic systems or system? Neuropsychological evidence Re-examined. Cognitive Neuropsychology, 5(1), 3-25.
- Riddoch, M.J., Humphreys, G.W., Price, C.J. (1989). Routes to action: evidence from apraxia. Cognitive neuropsychology, 6 (5), 437-454

-
- Roland, P.E., Skinhoj, E., Larsen, B., Lassen, N.A. (1980). Different cortical areas in man in organization of voluntary movements in extrapersonal space. Journal of Neurophysiology, 43, 137-150.
- Rothi, L.J.G., Ochipa, C., Heilman, K. M. (1991). A Cognitive Neuropsychological Model of Limb Praxis. Cognitive neuropsychology, 8(6): 443-458.
- Roy, E.A. (1982). Action and performance. In A. Ellis (Ed.), Normality and Pathology in cognitive function. Boston: Academic Press.
- Roy, E.A., Square, .PA. (1985). Common considerations in the study of limb, verbal and oral apraxia. In: Roy EA, editor. Neuropsychological studies of apraxia and related disorders. Advances in psychology, v. 23. Amsterdam: North-Holland, 111-157.
- Roy, E. A., Square, P. A. (1985). Common considerations in the study of limb, verbal and oral apraxia. In E.A. Roy (Ed.), Neuropsychological Studies of Apraxia and related disorders. (Advances in psychology; v. 23, pp. 111-157). North-Holland.
- Rushworth, M.F.S., Nixon, P.D., Wade, D.T., Renowen, S., Passingham, R.E. (1998). The left hemisphere and the selection of learned actions. Neuropsychologia, 36 (1), 11-24.
- Shallice, T. (1988). Specialisation Within the Semantic system. Cognitive neuropsychology, 5 (1), 133-142.
- Sirigu, A., Cohen, L., Duhamel, J.R., Pillon, B., Dubois, B., Agid, Y. (1995). A selective impairment of hand posture for object utilization in apraxia. Cortex, 31, 41-55.
- Wang, L., Goodglass, H. (1992). Pantomime, Praxis and Aphasia. Brain and Language, 42, 402-418.
- Watson, R.T., Fleet, W.S., Rothi, L.J.G., Heilman, K.M. (1986). Apraxia and the supplementary area. Archives of Neurology, 43, 787-792.

Willis, L., Behrens, M. (1992). Differentiating neuropsychological performance in multi-infarct and Alzheimer's dementia. Communication présentée au Rancho Los Amigos Medical Center, Downey, CA.