

Hôpital Raymond Poincaré
104 avenue Raymond Poincaré
92380 Garches



FONDATION
Paul Bennetot

*La Fondation du
Groupe Matmut*

RAPPORT FINAL

« SmartWrite »

INTITULE DU PROJET : <Smartwrite>

THEME : Evaluation de l'efficacité des logiciels d'optimisation de la vitesse de saisie de texte sur l'outil informatique et d'un programme de rééducation ciblée pour les personnes blessées médullaires cervicaux.

DONNEES RELATIVES A L'ORGANISME PORTEUR DU PROJET

Investigateur coordinateur : M Samuel POUPLIN

Plate-Forme Nouvelles Technologies

Hôpital Raymond Poincaré

104 boulevard Raymond Poincaré 92380 Garches

Téléphone : **01 47 10 70 61**.

Courriel : samuel.pouplin@aphp.fr

DONNEES RELATIVES AU PROJET

Localisation du projet	: Garches.
Date de début du projet	: Janvier 2014
Date de fin du projet	: Janvier 2017
Durée du projet	: 3 ans
Budget total du projet	: 169860€
Contribution Paul Bennetot	: 73430€
Partenaires financiers	: Hôpital Raymond Poincaré - Garches

TABLE DES MATIERES

I. Résumé du projet initial.	4
II. Déroulement du projet :	6
Préciser comment le projet a évolué par rapport au calendrier prévu.	6
Décrire les activités réalisées à ce jour en précisant les modalités de réalisation et d'évaluation utilisée	7
III. Méthodologie du projet.	7
Les sujets.....	7
Le matériel et évaluations utilisées.	8
Outils utilisés et paramètres évalués.	11
IV. Résultats.	14
Etude 1 : Vitesse de saisie de textes chez les personnes tétraplégiques.	14
Etude 2 : Questionnaire	16
Etude 3 : Etude de l'influence du nombre de mots affichés dans la liste de prédiction sur la vitesse de saisie de texte.	17
Etude 4 : Etude de l'influence du paramétrage « fréquence d'utilisation des mots » sur la vitesse de saisie de texte.	19
Etude 5 : Influence de l'entraînement des personnes tétraplégiques sur les logiciels de prédictions sur la vitesse de saisie de texte.	20
V. SYNTHÈSE DES RESULTATS.	26
VI. CONCLUSION GENERALE	29
Bilan des principaux résultats.....	29
Perspectives	31
VII. Annexes : Articles scientifiques	34

I. Résumé du projet initial.

L'informatique tient une place extrêmement importante dans la vie de chaque individu, au niveau des loisirs, des activités professionnelles ou de la communication. Afin de pouvoir accéder à l'outil informatique, des solutions existent selon le type de déficiences et les usages des personnes en situation de handicap. Parmi ces solutions existantes, nous pouvons retenir, entre autres, les claviers virtuels (logiciels retranscrivant à l'écran un clavier standard), permettant d'accéder à la saisie de texte lorsque les capacités physiques de la personne ne lui permettent pas d'utiliser le clavier standard. L'accès à ce clavier visuel est réalisé à l'aide d'un dispositif de pointage adapté aux possibilités de la personne (par exemple, un système de pointage à la tête ou à l'oeil). Néanmoins ces outils présentent une certaine lenteur dans la saisie de texte. Pour pallier à ce problème, des solutions d'optimisation de la vitesse de frappe existent sur le marché (logiciels de reconnaissance vocale, logiciels de prédiction de mots).

Ces solutions d'optimisation sont régulièrement préconisées par les professionnels de santé. Néanmoins, dans la littérature internationale et lors de constats cliniques, l'amélioration des performances, lors de la saisie de texte pour les personnes en situation de handicap grâce à ces logiciels, reste largement débattue. En effet, les logiciels de prédiction de mots pourraient entraîner une charge attentionnelle parfois trop importante dégradant alors la vitesse de saisie de texte. Il est intéressant de noter également qu'à ce jour, aucune étude n'a évalué la pertinence de coupler ces logiciels à un programme de rééducation ciblée et ce, bien que la notion même de rééducation orientée vers la tâche à améliorer représente le principe de base de toute forme de rééducation quel qu'en soit la nature.

La réduction de cette charge attentionnelle pourrait donc reposer d'une part sur l'optimisation des paramètres de ces logiciels et/ ou sur la réalisation d'un programme de rééducation ciblé. La tétraplégie est un tableau de déficiences sensitives et motrices des quatre membres et du tronc, associé à des déficiences urinaires, anorectales, sexuelles et respiratoires, dont la cause est une lésion de la moelle épinière cervicale. Les déficiences motrices seront d'autant plus importantes que la lésion cervicale sera haute. D'un point de vue fonctionnel, il existe schématiquement des niveaux clés pour l'indépendance : le niveau cervical C4 (diaphragme) permettant l'autonomie respiratoire, C6 (extension de poignet) permettant une prise passive entre le pouce et l'index, C7 (triceps) permettant les transferts et la propulsion du fauteuil roulant manuel.

Notre hypothèse est donc que chez des personnes tétraplégiques

i) l'optimisation des logiciels de saisie de texte (prédiction de mots) et ii) un programme de rééducation ciblée pourraient permettre d'améliorer la vitesse de saisie d'un texte avec l'outil informatique.

Pour répondre à ces questions, nous proposons :

1. d'étudier, chez les personnes tétraplégiques, l'influence des paramétrages des logiciels de prédictions de mots sur leur vitesse de saisie de texte. L'objectif est de déterminer les réglages importants et adéquats de ces outils afin de diminuer la charge attentionnelle des personnes et d'augmenter leur efficacité sur l'outil informatique.

2. Ensuite, nous proposons d'étudier l'influence de l'apport d'un programme de rééducation dispensé par un thérapeute, ciblé sur les logiciels de prédiction de mots en vue de favoriser l'intégration de ces derniers. L'objectif est d'augmenter la performance de la personne tétraplégique ainsi que sa satisfaction

Cette recherche vise à déterminer chez des personnes tétraplégiques, les principaux critères de paramétrages des logiciels de prédiction de mots et si un programme de rééducation spécifique permettrait d'améliorer l'efficacité et l'utilisabilité des logiciels de prédiction de mots.

La première phase permet de sélectionner le logiciel de prédiction de mots et le paramétrage qui offre la meilleure assistance à l'utilisateur.

La deuxième phase répond à l'objectif d'évaluer l'efficacité d'un programme de rééducation ciblée réduisant la charge attentionnelle engendrée par les logiciels de prédiction de mots.

Les objectifs secondaires sont :

1) d'établir une base de données de référence de vitesse de saisie de texte pour les personnes tétraplégiques en fonction de leur accès au clavier et du niveau lésionnel.

2) de définir, grâce à un questionnaire d'usage, parmi les logiciels de prédiction de mots commercialisés, celui qui semble être le plus utilisé pour les personnes tétraplégiques. Ce résultat préliminaire permet de choisir le logiciel de prédiction de mots le plus pertinent pour la suite de l'expérimentation (objectif de la phase 1).

3) de déterminer si les modalités de présentation de la liste de prédiction de mots (Nombre de mots / Positionnement de la liste) permettent de diminuer la charge attentionnelle des personnes. Ce sous-objectif permet de valider la présentation optimale de l'interface du logiciel pour la suite de l'expérimentation (objectif de la phase 1).

4) de comparer la vitesse de saisie de texte avec un clavier équipé d'une prédiction et avec un clavier standard sans prédiction sur une séance. Il s'agira de mettre en évidence l'intérêt ou non de l'utilisation d'un logiciel de prédiction en ayant optimisé la présentation de son interface afin de réduire la charge attentionnelle (objectif de la phase 1).

5) de comparer l'effet d'un programme de rééducation ciblée basé sur l'utilisation des logiciels de prédiction de mots avec un programme d'auto-rééducation libre et une situation de non – formation (objectif de la phase 2).

II. Déroulement du projet :

Préciser comment le projet a évolué par rapport au calendrier prévu.

En vue du nombre important de questions de recherche pouvant être posés pour cette thématique, les hypothèses de recherche ont été recentrées à savoir :

-Les objectifs de la première phase ont été revus. Une comparaison entre les différents logiciels n'a pas été retenue en vue du nombre de logiciels existants sur le marché et en fonction des différentes modalités et de possibilités de paramétrages de chacun non identiques d'un logiciel à un autre. Par contre une étude a été menée afin de savoir quel était le logiciel le plus utilisé et quelles étaient les habitudes de paramétrages.

-Dans les objectifs secondaires, les modalités de présentation de la liste de prédiction (haut, bas, etc) a été abandonné au profit de l'étude du paramétrage « fréquence d'utilisation ». Ce paramètre permet l'adaptation du dictionnaire de prédiction au vocabulaire de l'utilisateur.

Concernant le planning, le projet a suivi le calendrier prévu. Néanmoins, sur la dernière étude portant sur l'influence d'un programme rééducation, les délais d'inclusion des patients sont plus longs que prévus. En effet, en vue des contraintes des protocoles (12 rendez-vous en un mois), le nombre de refus de participation est plus important que pour les autres études. Actuellement, le nombre d'inclusions est de 32 patients comparés aux 45 prévus. Mais des résultats préliminaires peuvent effectués : ils sont dans ce rapport.

Décrire les activités réalisées à ce jour en précisant les modalités de réalisation et d'évaluation utilisée

A ce jour, les objectifs suivants ont été remplis :

1. Etudier, chez les personnes tétraplégiques, l'influence des paramétrages des logiciels de prédictions de mots sur leur vitesse de saisie de texte.
2. Etablir une base de données de référence de vitesse de saisie de texte pour les personnes tétraplégiques en fonction de leur accès au clavier et du niveau lésionnel.
3. Définir, grâce à un questionnaire d'usage, parmi les logiciels de prédiction de mots commercialisés, celui qui semble être le plus utilisé pour les personnes tétraplégiques
4. Déterminer si les modalités de présentation de la liste de prédiction de mots (Nombre de mots affichés) et l'adaptation du logiciel au vocabulaire utilisateur permettent de diminuer la charge attentionnelle des personnes.

L'ensemble des résultats de ces expérimentations a été valorisé à travers des publications scientifiques jointes au document.

L'objectif d'étudier l'influence de l'apport d'un programme de rééducation dispensé par un thérapeute, ciblé sur les logiciels de prédiction de mots en vue de favoriser l'intégration de ces derniers a été rempli partiellement en vue des difficultés de recrutement cité ci-dessus. Néanmoins, des résultats préliminaires peuvent être présentés dans ce document. Une valorisation scientifique est prévue lorsque les inclusions seront terminées.

III.Méthodologie du projet.

Les sujets

Un total de **111** personnes en situation de handicap (**35** dans l'étude 1, **45** dans l'étude 3 et 4 et **32** dans l'étude 5 sur les 45 attendus) a été inclus dans les différentes études. Les mêmes personnes ont participé à l'étude 3 et 4. Pour l'ensemble de ces participants, un total de **401** manipulations a été fait (**35** (35X1) dans l'étude 1, **180** (45X4) dans l'étude 3 et **90** (45X2) dans l'étude 4, et **96** (32X3)

dans l'étude 5). De plus, **144** séances d'entraînement sur les logiciels de prédiction d'une durée d'une heure ont été réalisées dans l'étude 5.

Enfin, **139** sujets valides (**21** dans l'étude 1, **93** dans l'étude 2, **25** dans l'étude 3) ont été inclus. Pour l'ensemble de ces participants, un total de **214** manipulations a été fait (**21** (21X1) dans l'étude 1, **93** (93X1) dans l'étude 2 et **100** (25X4) dans l'étude 3.

L'ensemble des études a fait l'objet d'une approbation de la Commission de Protection des Patients (CPP) et a fait l'objet d'une autorisation de la Commission Nationale de l'Informatique et Liberté (CNIL). De plus, l'ensemble des études a fait l'objet d'un enregistrement ClinicalTrials.gov Protocol Registration and Results System sous le numéro NCT01953666. Tous les participants ont attesté par écrit de leur consentement pour la participation aux différentes études et à l'utilisation des données recueillies lors des évaluations au Centre Hospitalier Universitaire Raymond Poincaré à Garches (France)

Le matériel et évaluations utilisées.

Au niveau du **matériel informatique**, plusieurs ordinateurs différents ont été utilisés en fonction des études. Ces différents matériels ont été utilisés soit pour des raisons pratiques, soit pour éviter des biais dans les différents protocoles. En effet, le fait de réaliser les expérimentations avec des logiciels commerciaux payants et donc licenciés nécessitait parfois l'utilisation d'ordinateurs différents, un ordinateur spécifique n'ayant pas été acheté pour l'ensemble des études. De plus, un paramétrage différent était parfois effectué sur le logiciel de prédiction de mots. Afin d'être sûr que les paramétrages étaient bien effectués avant le début de chaque inclusion, chaque ordinateur était affecté à un réglage particulier du logiciel de prédiction de mot. Enfin, lors de l'étude 6 où les personnes tétraplégiques suivaient un programme d'entraînement soit au domicile, soit en centre accompagné d'un ergothérapeute, un ordinateur différent était utilisé pour les séances d'entraînement et d'évaluation. Néanmoins, si des ordinateurs différents ont été utilisés pour l'ensemble des études, pour chaque étude en question, l'ordinateur était identique pour l'ensemble des sujets afin d'éviter les biais. Les ordinateurs utilisés dans les différentes études sont présentés dans le tableau ci-dessous (Tableau 1 : Ordinateurs utilisés dans les différentes études1).

TABEAU 1 : ORDINATEURS UTILISES DANS LES DIFFERENTES ETUDES

Type d'ordinateur utilisé	Etude 1	Etude 2	Etude 3	Etude 4	Etude 5
Hewlett-Packard 146 Compaq 8510 P	X				
Dell XPS			X	X	X
Toshiba				X	X
Ordinateur habituel des participants					X

L'étude 4 a nécessité l'ordinateur Dell XPS pour la condition d'évaluations du logiciel de prédiction de mots, fonction d'« adaptation au vocabulaire de l'utilisateur » désactivé, et un ordinateur Toshiba pour la condition d'évaluations du logiciel de prédiction de mots, fonction d'« adaptation au vocabulaire de l'utilisateur » activé. Pour l'étude 5, les évaluations étaient réalisées sur l'ordinateur Dell XPS, l'entraînement dirigé par l'ergothérapeute avec l'ordinateur Toshiba et l'auto-entraînement au domicile sur l'ordinateur habituel des personnes tétraplégiques.

Au niveau des dispositifs d'accès à l'outil informatique, pour les **dispositifs de pointage**, pour l'ensemble des études, les personnes en situation de handicap ont utilisé leur dispositif habituel.

Seul le **dispositif de saisie de texte** a fait l'objet d'une attention particulière en fonction des différentes études.

Pour l'étude 1, le clavier virtuel AZERTY de Windows a été utilisé. De plus, le logiciel de reconnaissance vocale Dragon Naturally Speaking dans sa version 12 Premium et son micro-casque a été utilisé (Figure 1).



FIGURE 1 : LOGICIEL DE RECONNAISSANCE VOCALE DRAGON NATURALLY SPEAKING V12.

Pour les études 3, 4 et 5, les personnes tétraplégiques nécessitant un clavier virtuel pour saisir du texte ont utilisé le clavier Keyvit de la suite Eurovocs, Jabbla. Le logiciel de prédiction utilisé était Skippy de la suite logicielle Eurovocs, Jabbla suite aux résultats de l'étude 2. Le clavier virtuel a été

choisi, car il fait partie de la même suite logicielle et assurait une compatibilité totale avec le logiciel de prédiction de mots (Figure 2).

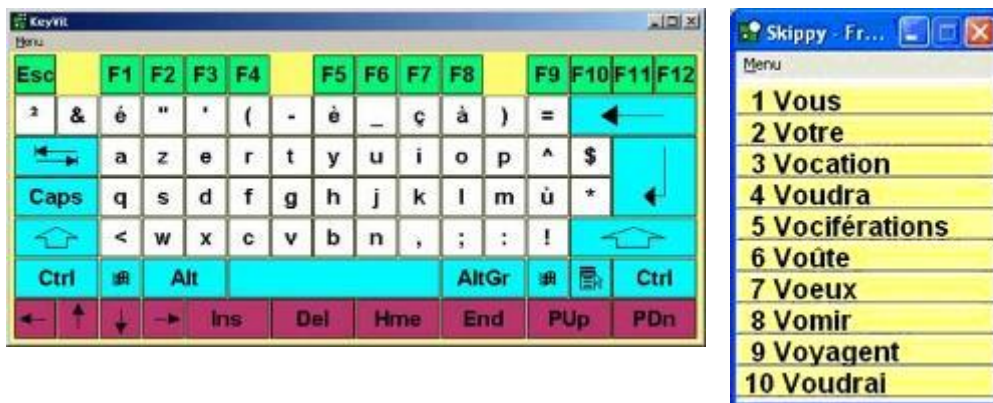


FIGURE 2 : À GAUCHE, CLAVIER VIRTUEL KEYVIT ; A DROITE, LOGICIEL DE PREDICTION DE MOTS SKIPPY

Concernant les **textes utilisés**, pour l'étude 1, quatre textes de complexité similaire, tirés de la presse quotidienne, furent utilisés. Ces textes comportaient des mots de longueur moyenne de 5.3 (sd 0.3) caractères. Pour les études 3, 4 et 5, 12 textes différents de complexité similaire issus d'un ouvrage d'orthophoniste ont été utilisés (Fraval Lye and Boutard, 2004). Ces textes comportaient des mots de longueur moyenne de 5.1 (sd 0.5) caractères

Concernant le **matériel pour l'enregistrement des données**, pour les évaluations des différentes études, durant chaque condition, l'écran de l'ordinateur était filmé par deux systèmes : une caméra HD Canon était placée derrière la personne, au-dessus de son épaule droite. De plus, un logiciel de capture d'écran, HyperCam, disponible à l'adresse suivante (<http://hypercam.softonic.fr/>) permettait de filmer la prestation des participants aux études.

Enfin, deux logiciels mouchards ont été développés spécifiquement pour enregistrer le temps d'activité de la personne participante sur le clavier virtuel (étude 1) ou sur le logiciel de prédiction de mots (étude 5) lors de l'entraînement à domicile.

Concernant l'**installation**, les personnes participantes étaient installées en face d'une table réglable en hauteur permettant de s'adapter à la hauteur de chaque fauteuil roulant, manuel ou électrique. Les personnes en situation de handicap étaient évaluées sur leur propre fauteuil roulant et les sujets valides étaient installés sur une chaise standard. L'ordinateur était installé en face des personnes.

Lors de la copie de texte, le texte était placé sur un pupitre à bras articulé, positionné à droite ou à gauche de l'écran d'ordinateur en fonction du choix de la personne (Figure 3).

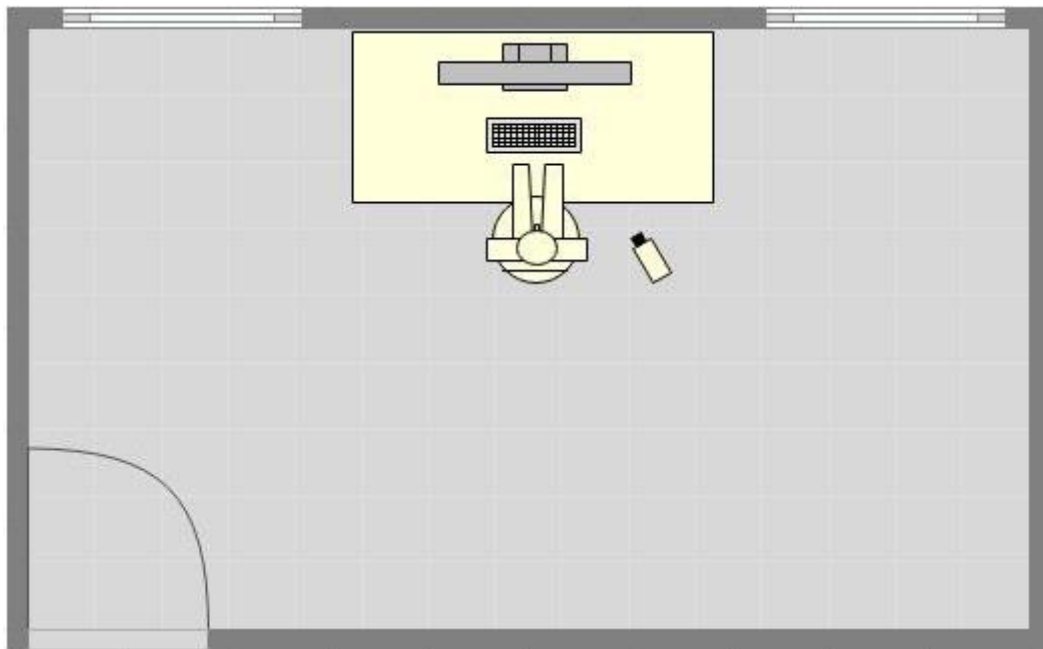


FIGURE 3 : SCHEMA D'INSTALLATION DES PERSONNES PARTICIPANTES DURANT LES EXPERIMENTATIONS

Outils utilisés et paramètres évalués.

Différents outils ont été utilisés sur les 5 études afin de recueillir des données, de mener à bien les différentes expérimentations ou d'évaluer les différents paramètres.

Pour l'ensemble des études 1, 3, 4 et 5, toutes les vidéos ont été visionnées à posteriori des évaluations. Pour l'ensemble des études, en comptabilisant une vidéo par condition, un total de **910** vidéos de 10 minutes chacune ont été traitées manuellement par un seul évaluateur et suivant une **grille d'évaluation**.

Pour l'étude 2, un **questionnaire** établi par plusieurs ergothérapeutes experts dans le domaine, non validé fut utilisé afin de recueillir les informations relatives aux professionnels préconisant les logiciels de prédiction de mots. Les professionnels devaient renseigner leur âge, leur sexe, leur profession et le nombre d'années d'expérience professionnelle. Ensuite, le questionnaire comportait 7 items : le nom du logiciel de prédiction de mots utilisé, la forme et la position de la liste de prédiction de mots sur l'écran d'ordinateur, le nombre de mots affichés dans la liste de prédiction, l'activation de l'adaptation du logiciel au vocabulaire de l'utilisateur, l'apprentissage des mots nouveaux et le nombre de caractères saisis non pris en compte avant les propositions de prédiction.

A chaque professionnel, le nom du logiciel de prédiction de mots qu'ils préconisaient a été demandé. Ensuite, pour chaque item, il a été demandé aux professionnels s'ils configuraient chaque paramètre, de quelles manières et pour quelles raisons. Enfin, chaque professionnel a été invité à noter de 1 à 10 l'importance qu'il donne à pouvoir paramétrer chaque item (1 étant pas du tout important et 10 étant très important). Le questionnaire a été posté sur Internet et le lien a été diffusé sur des réseaux de professionnels : réseaux des ergothérapeutes (Yahoo ! Groupes), Association des Paralysés de France (APF), Technologies de l'Information et de la Communication et Handicap Yahoo ! Groupes, et le site RNT (Réseau Nouvelles Technologies) de l'APF.

Pour l'étude 5, un **livret d'auto-entraînement** sur les logiciels de prédiction de mots a été spécifiquement conçu par un ergothérapeute. Ce livret d'auto-entraînement a servi de support pour l'entraînement à domicile des personnes tétraplégiques sur le logiciel de prédiction de mots sur un mois. Ce livret d'auto-entraînement disposait des parties suivantes :

- Une introduction présentant l'auto-entraînement
- Deux tutoriels expliquant comment installer un logiciel de prise en main à distance en cas de problème et le logiciel de prédiction de mots.
- Pour chaque semaine, un tutoriel pour paramétrer le logiciel de prédiction de mots et la série d'exercices à effectuer par la personne tétraplégique.
- Pour chaque semaine, un récapitulatif à remplir par les personnes tétraplégiques concernant les exercices effectués et le temps passé.
- Pour finir, un tutoriel pour désinstaller les programmes à la fin du mois.

L'item 8 de la **QUEST** (Demers et al., 2000) (L Demers et al., 2002) a été utilisé pour évaluer la satisfaction pour les études 2, 4, 5 et 6.

Enfin, la **Canadian Occupational Performance Measure (COPM)** ou **Mesure Canadienne du Rendement Occupationnel (MRCO)** (Cup et al., 2003) a été utilisée dans l'étude 6 afin de mesurer les changements de perception des personnes sur **leur performance** dans les activités sur l'outil informatique induit par les logiciels de prédiction de mots et le programme d'entraînement sur ces mêmes logiciels.

Grâce à ces différents outils et au traitement des vidéos, différents éléments ont été calculés :

La **vitesse de saisie de texte** a été calculée suivant deux modes de calcul (en fonction de la consigne donnée aux participants à savoir de corriger ou non leurs erreurs):

Une première **vitesse de saisie de texte avec erreurs corrigées**, ce qui correspond à notre saisie de texte habituelle. C'est cette vitesse de saisie de texte qui a été privilégiée dans ce travail. Elle a été calculée suivant la formule suivante : Nombre de caractères totaux saisis en 10 minutes, divisés par 10. Les caractères comprennent la ponctuation, les espaces, les actions concernant la sélection et le temps des corrections des erreurs. Cette vitesse de saisie de texte est exprimée en caractères / minute. Pour être exprimée en nombre de mots par minute, elle est divisée par le nombre moyen de caractères par mot au niveau des textes utilisés.

Une deuxième **vitesse de saisie de texte sans erreurs corrigées** a été calculée. Ce mode de calcul a été ajouté suite à des éléments de discussion engendrés par la soumission à publication de l'étude 1. Elle a été calculée suivant la formule : Nombre de caractères totaux saisis en 10 minutes, divisés par 10. Les caractères comprennent la ponctuation, les espaces, les backspaces. Le temps pour la sélection et les corrections des erreurs n'a pas été pris en compte. Cette vitesse de saisie de texte est exprimée en caractères / minute. Pour être exprimée en nombre de mots par minute, elle est divisée par le nombre moyen de caractères par mot au niveau des textes utilisés.

Le **nombre d'erreurs** et le **nombre de caractères économisés** par les logiciels de prédiction de mots durant les 10 minutes d'évaluation ont été relevés à partir de chaque vidéo.

La **vitesse de sélection** a été calculée suivant la formule suivante : Nombre d'items sélectionnés en dix minutes, divisés par 10. Les items comportent les caractères, c'est-à-dire lettres, chiffres, ponctuation, flèches de navigation, caractères spéciaux mais aussi les mots de la prédiction de mots. Elle est exprimée en nombre d'items par minute.

le **KSR (Keystroke Saving)** (Trnka et al., 2005) (Higginbotham, 1992) permettant de mesure d'un point de vue théorique la performance du système prédictif a été calculé suivant la formule suivante :

$$KSR = \frac{1 - K_{red}}{K_{all}} \times 100$$

K_{red} étant le nombre de sélections effectives de la personne y compris la sélection des mots prédits et K_{all} étant le nombre de saisies théoriques de la personne sans avoir utilisé le logiciel de prédiction.

Enfin, un **Bit-Rate** correspondant au nombre de saisies effectuées pondérées par le nombre d'erreurs, a été calculé suivant la formule suivante (Parini et al., 2009) :

$$BR = V \times R$$

BR étant le Bit-Rate en Bit/minute, V étant la vitesse en nombre de symboles (caractères) par minute et R l'information donnant le nombre de symboles justes en fonction du nombre de symboles totaux

disponibles (N) et le nombre d'erreurs réalisées (P). R est calculé suivant l'équation suivante (Parini et al., 2009) (Kronegg, 2005) :

$$R \text{ (Wolpaw)} = \log_2 N + P \times \log_2 P + (1 - P) \times \log_2 \frac{1 - P}{N - 1}$$

En parallèle à ces calculs objectifs, des données subjectives ont été collectées. La fatigue, la sensation de rapidité, la sensation de charge attentionnelle, et la satisfaction ont été évaluées par les participants tétraplégiques et valides suivant diverses modalités :

La **fatigue** a été évaluée en utilisant une échelle visuelle analogique (EVA) avant et après chaque épreuve de saisie de texte (0 : Aucune fatigue ; 10 : exténué).

La **sensation de rapidité** dans la saisie de texte grâce au logiciel de prédiction de mots et de **charge attentionnelle** engendré par ce même logiciel a été évaluée sur une échelle visuelle analogique (EVA) avant et après chaque épreuve de saisie de texte. Pour la sensation de rapidité (0 : Très lent ; 10 : Très rapide) ; pour la sensation de charge attentionnelle (0 : Pas de charge attentionnelle ; 10 : Charge attentionnelle très importante).

La **satisfaction** a été évaluée en utilisant l'item 8 de la QUEST (Demers et al., 2000) (L Demers et al., 2002) portant sur l'évaluation de l'efficacité de votre aide technique pour répondre à vos besoins, et évaluée en utilisant une échelle visuelle analogique (0 : Pas du tout satisfait / 5 : très satisfait).

Enfin, dans l'étude 5, les changements de perception des personnes sur **leur performance** dans les activités sur l'outil informatique induit par les logiciels de prédiction de mots et le programme d'entraînement sur ces mêmes logiciels ont été évalués grâce à la **Canadian Occupational Performance Measure (COPM)** ou **Mesure Canadienne du Rendement Occupationnel (MRCO)** (Cup et al., 2003).

IV. Résultats.

Etude 1 : Vitesse de saisie de textes chez les personnes tétraplégiques.

La vitesse de saisie de texte sur l'outil informatique des personnes en situation de handicap est décrite dans la littérature comme lente par rapport à celle des personnes valides (Le Pévédic, 1997). Cependant, il est difficile de trouver des données spécifiques concernant les vitesses de saisie de texte des personnes tétraplégiques malgré la présence de plusieurs études (Dalton and Peterson,

1997) (Lau and Leary, 1993) (DeVries et al., 1998) (Vigouroux et al., 2004) (Hird and Hennessey, 2007). En effet, dans ces dernières, le nombre de personnes incluses était souvent faible. De plus, une hétérogénéité des pathologies, et des interfaces d'accès à l'outil informatique est souvent présente (Tam and Wells, 2009) (Lopresti, 2006) (Kim et al., 2013).

Ainsi, dans cette étude, nous voulions **étudier les vitesses de saisie de texte chez des personnes tétraplégiques ainsi que l'influence des interfaces d'accès à l'outil informatique et des caractéristiques des personnes sur cette même vitesse de saisie de texte.**

Cette étude a été valorisée par la publication suivante :



POUPLIN S, ROCHE N, VAUGIER I, CABANILLES S, HUGERON C, BENSMAIL D. Text input speed in persons with cervical spinal cord injury. Spinal Cord. 2015 Sep 15. doi: 10.1038/sc.2015.147. [Epub ahead of print]

Les résultats montrent une **vitesse de saisie de texte significativement plus lente chez les personnes tétraplégiques que chez les personnes valides**. La vitesse de saisie de texte médiane chez les personnes tétraplégiques est de 8.7 [6.4; 13.6] mots par minute et pour les personnes valides de 18.6 [14.3; 23.6] mots par minute. Cette différence est statistiquement significative (**$P=0,001$**). Par contre, nous ne trouvons **pas d'influence des différentes caractéristiques des personnes tétraplégiques (âge, niveau d'études, par exemple) sur la vitesse de saisie de texte**. En revanche, nos résultats indiquent que **l'interface d'accès à l'outil informatique influe sur la vitesse de saisie de texte alors que le niveau lésionnel n'a pas d'influence**. Les résultats de cette étude semblent indiquer que plutôt de réfléchir par niveau lésionnel pour les personnes tétraplégiques pour l'étude de la vitesse de saisie de texte, il semble plus judicieux de l'aborder en fonction des interfaces d'accès utilisées. Par ailleurs, nos résultats indiquent que **certaines solutions d'optimisation de la vitesse de saisie de texte telle la reconnaissance vocale peuvent être une solution afin d'annuler les effets de la déficience**.

Concernant les personnes valides, nous retrouvons une influence de la fréquence d'utilisation du traitement de texte sur la vitesse de saisie de texte. Néanmoins, chez les personnes tétraplégiques, nous n'avons pas retrouvé cette influence. Il est possible que, pour les personnes tétraplégiques, les difficultés motrices soient si importantes qu'elles annulent un effet potentiel de cette caractéristique personnelle sur leur vitesse de saisie de texte. Au final, **ces différences d'influence entre les deux populations suggèrent que les résultats des études sur la vitesse de saisie de texte obtenu chez des sujets « sains » ne peuvent pas être transposables aux patients tétraplégiques**. Par conséquent,

ces résultats confortent l'idée que des études spécifiques doivent être menées chez les personnes en situation de handicap.

Etude 2 : Questionnaire

Les logiciels de prédiction de mots offrent la possibilité de régler différents paramètres. Les professionnels de santé, et entre autres les ergothérapeutes, sont les premières personnes qui préconisent les technologies d'assistance pour les personnes tétraplégiques. Cependant, dans la littérature, il manque des **informations précises concernant les pratiques professionnelles de préconisations et de paramètres des logiciels de prédiction de mots**. De même, **l'influence des paramètres des logiciels de prédictions a été peu étudiée** (Venkatagiri, 1994) (Koester and Levine, 1997) (Tam, 2001) . Par conséquent, il n'y a actuellement aucun consensus afin de déterminer quel est le paramétrage optimal des logiciels de prédiction de mots. L'objectif de cette étude était de **déterminer, à travers un questionnaire, le logiciel de prédiction de mots le plus préconisé auprès des personnes tétraplégiques**. Le logiciel ainsi identifié **servirait de support aux études suivantes**. De même, nous voulions savoir **quels étaient les paramètres des logiciels de prédiction de mots jugés importants par les professionnels** et pouvant influencer la vitesse de saisie de texte. Enfin, nous voulions savoir **quelles étaient les habitudes de paramètres de ces mêmes professionnels**. Les paramètres jugés les plus importants seraient étudiés par la suite.

Cette étude a été valorisée par la publication suivante :



POUPLIN S., ROCHE N, HUGERON C, VAUGIER I, BENSMAIL D. Recommendations and settings of word prediction software by health-related professionals for people with spinal cord injury: a prospective observational study. Eur J Phys Rehabil Med. 2015 Feb 5. [Epub ahead of print]

Les résultats de cette étude montrent que les **professionnels jugent important le fait de pouvoir paramétrer** les logiciels de prédiction de mots, mais que **peu de professionnels le font** s'ils en ont la possibilité. Le **logiciel de prédiction de mots le plus préconisé est le logiciel Skippy** de la suite logicielle Eurovocs, Jabbla. Ce logiciel sera le support de nos futures évaluations.

Concernant les paramètres, la **possibilité de changer le nombre de mots affichés dans la liste de prédiction est considérée comme importante (8/10) et ce réglage est paramétré par plus de 50% des professionnels**. Enfin, deux paramètres sont jugés très importants par les professionnels : **l'apprentissage des mots nouveaux et l'adaptation continue du logiciel au vocabulaire usuel de l'utilisateur** (respectivement 9/10 et 10/10). Cependant, ces deux fonctionnalités **sont peu paramétrées**. L'explication la plus cohérente semble être que les professionnels pensent que ces fonctionnalités sont déjà activées par défaut dans les logiciels de prédiction de mots. Enfin, la **localisation de la liste de prédiction est jugée moins importante (8/10) que les autres fonctionnalités et est réglée par moins de 50% des professionnels**.

Au final, cette étude nous a permis d'orienter nos futures études à savoir :

- de déterminer le logiciel de prédiction de mots qui servira de support à nos futures expérimentations.
- choix des paramètres que nous allons étudier à savoir le nombre de mots affichés du fait de sa popularité au sein des professionnels et l'apprentissage des mots nouveaux et l'adaptation du logiciel au vocabulaire de l'utilisateur en raison de l'importance donnée par les professionnels.

Etude 3 : Etude de l'influence du nombre de mots affichés dans la liste de prédiction sur la vitesse de saisie de texte.

Dans la littérature, plusieurs études ont étudié l'influence du nombre de mots affichés dans la liste de prédiction, sur la vitesse de saisie de texte (Venkatagiri, 1994) (Koester and Levine, 1997). Le meilleur compromis entre le Keystroke Saving et la charge attentionnelle occasionnée par la recherche visuelle dans cette liste de prédiction serait de 5 – 6 mots. L'étude 3 confirme aussi ces résultats en montrant que les professionnels tendent à paramétrer le nombre de mots affichés à 6.

L'objectif principal de cette étude est de vérifier **si le nombre de mots affichés dans la liste de prédiction a une influence sur la vitesse de saisie de texte et si le 6 est le chiffre optimal**.

Cette étude a été valorisée par la publication suivante :



POUPLIN S., ROCHE N., VAUGIER I., JACOB A., FIGÈRE M., POTTIER S., ANTOINE J.Y., BENSMAIL D. Influence of the number of predicted words on text input speed in participants with cervical spinal cord injury. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, Feb-2016, Volume 97, Issue 2, 259-65. doi: 10.1016/j.apmr.2015.10.080. Epub 2015 Oct 23.

Les résultats de cette étude montrent que l'effet du nombre de mots affichés dans la liste de prédiction de mots sur la vitesse de saisie de texte diffère en fonction des deux groupes de tétraplégie (haute et basse).

Pour les personnes tétraplégiques hautes, nous ne retrouvons ni d'amélioration ni de dégradation de la vitesse de saisie de texte, quel que soit le nombre de mots affichés.

En revanche, pour le groupe de personnes tétraplégiques basses, une dégradation de la vitesse de saisie de texte est effective avec le logiciel de prédiction de mots, quel que soit le nombre de mots affichés.

Cependant, nous noterons que les personnes tétraplégiques basses se sentent plus rapides avec un affichage à 3 mots alors que les personnes tétraplégiques hautes ont une satisfaction plus élevée avec un affichage à 8 mots.

Plus qu'une influence du nombre de mots affichés sur la vitesse de saisie de texte, il s'agit plus d'un confort d'utilisation pour les personnes tétraplégiques.

Concernant les personnes valides, nous retrouvons des résultats un peu différents de la population tétraplégique. Les résultats concernant la vitesse de saisie de texte s'approchent du groupe de personnes tétraplégiques basses. L'utilisation du logiciel de prédiction de mots, quel que soit le nombre de mots affichés dégrade la vitesse de saisie de texte. Par contre, nous voyons un bénéfice secondaire à savoir la réduction du nombre d'erreurs grâce à l'usage du logiciel de prédiction de mots. Par ailleurs, nous noterons que le nombre de mots affichés n'a pas d'influence sur ce nombre d'erreurs.

De plus, c'est surtout au niveau des données subjectives que le comportement des personnes valides est différent des personnes tétraplégiques. Pour les personnes valides, nous retrouvons une augmentation de la fatigue et une diminution de la sensation de rapidité lors de l'utilisation de la prédiction de mots. Enfin, une augmentation de la charge attentionnelle est soulignée avec le logiciel de prédiction de mots et majorée avec un affichage à 8 mots. En conclusion, aucun bénéfice subjectif

du logiciel de prédiction de mots n'est mis en avant par les personnes valides contrairement aux personnes tétraplégiques ou un certain confort est souligné.

Ces résultats confortent ceux de l'étude 1 indiquant une fois encore que les résultats obtenus chez les personnes tétraplégiques diffèrent de ceux obtenus chez les personnes valides et de manière encore plus marquée chez les personnes tétraplégiques hauts.

Etude 4 : Etude de l'influence du paramétrage « fréquence d'utilisation des mots » sur la vitesse de saisie de texte.

Les logiciels de prédiction de mots s'appuient sur les premières lettres que l'utilisateur saisit afin de pouvoir proposer une liste de mots prédits. Néanmoins, certaines prédictions avancées y associent les mots précédents dans la phrase. Ces prédictions augmentent d'un point de vue théorique la pertinence des mots prédits. De plus, ces logiciels offrent plusieurs fonctionnalités pouvant être paramétrées par les utilisateurs. Parmi celles-ci, nous pouvons citer la possibilité du logiciel d'apprendre des mots nouveaux et de présenter les mots prédits en fonction de la fréquence d'utilisation dans la langue française tout en s'adaptant au vocabulaire de l'utilisateur. Néanmoins, ce paramétrage n'est pas disponible dans tous les logiciels de prédiction français et l'activation de ce réglage n'est pas forcément réalisée par défaut. De plus, cette fonctionnalité a été jugée très importante par les professionnels lors de notre étude 2. Or, dans la littérature, à notre connaissance, aucune étude n'a étudié l'influence de ce paramétrage sur la vitesse de saisie de texte. L'objectif de l'étude 4 était d'y remédier.

Cette étude a été valorisée par la publication suivante :



POUPLIN S., ROCHE N., ANTOINE J-Y., VAUGIER I., POTTIER S., FIGERE M., BENSMAIL B., The effect of word prediction settings (frequency of use) on text input speed in persons with cervical spinal cord injury : a prospective study. Disability and Rehabilitation, Juin 2016, 13:1-6.

Nous retrouvons des résultats différents suivant les deux groupes de personnes tétraplégiques (haut et bas). Pour les personnes tétraplégiques basses, les logiciels de prédiction de mots avec ce paramétrage activé réduisent la vitesse de saisie de texte, mais diminuent tout de même le nombre d'erreurs. Par contre, pour les personnes tétraplégiques hautes, nous retrouvons un effet inverse à

savoir une augmentation de la vitesse de saisie de texte, mais pas de diminution du nombre d'erreurs. Cette étude met en avant l'importance de vérifier l'activation des paramètres des logiciels de prédictions de mots avant tout essai avec les personnes tétraplégiques afin de pouvoir bénéficier des avantages de ces logiciels sur la vitesse de saisie de texte. De plus, des bénéfices différents en fonction des déficiences différentes des personnes et donc de leurs différentes aides techniques d'accès à l'ordinateur ont été mises en évidence. Ces informations permettront d'informer de manière pertinente les personnes tétraplégiques sur les possibles bénéfices.

Etude 5 : Influence de l'entraînement des personnes tétraplégiques sur les logiciels de prédictions sur la vitesse de saisie de texte.

Dans la littérature, l'influence des logiciels de prédiction de mots sur la vitesse de saisie de texte présente une certaine hétérogénéité. Cette disparité peut être la conséquence d'une influence de certains paramétrages des logiciels de prédiction de mots comme nous l'avons montrée auparavant ou d'un manque d'entraînement ou d'apprentissage sur ce type de logiciel. Dans cette étude, nous souhaitons mettre en évidence l'influence d'un programme d'entraînement dirigé par un ergothérapeute et d'un programme d'auto-entraînement sur la vitesse de saisie de texte à l'aide d'un logiciel de prédiction de mots.

Nous faisons l'hypothèse qu'un entraînement dirigé sur les logiciels de prédictions de mots, dans un service de Médecine Physique et de Réadaptation, supervisé au quotidien par un ergothérapeute augmente la vitesse de saisie de texte des personnes tétraplégiques contrairement aux personnes suivant un programme d'entraînement à domicile, conçu par un ergothérapeute, mais non supervisé par ce dernier et aux personnes n'ayant aucun entraînement sur les logiciels de prédiction de mots.

- Participants

L'étude a démarré en septembre 2014 et est en cours. Durant cette période, les personnes tétraplégiques suivies ou ayant été suivies par le service de Médecine Physique et de Réadaptation de l'hôpital Raymond Poincaré ont été incluses suivant différents critères. Les critères d'inclusion sont : Avoir plus de 18 ans, une tétraplégie de niveau située entre C6 et C8 ASIA A ou B, être utilisateur de l'outil informatique, accéder à l'outil informatique à l'aide du clavier physique standard, de savoir lire et écrire le français et ne pas être un utilisateur quotidien de logiciel de prédiction de mots. Les personnes étaient exclues si elles avaient des troubles cognitifs, ou visuels.

Résultats.

- Participants.

Sur 87 personnes tétraplégiques contactées, 32 personnes ont accepté de participer à l'étude (6 femmes, 26 hommes) de moyenne d'âge 40 (SD11) ans. La moyenne de la durée de tétraplégie est de 11 (SD=10) ans. Tous accédaient à l'outil informatique à l'aide d'un clavier standard. Les personnes tétraplégiques ont été randomisées en trois groupes parallèles :

- un groupe expérimental bénéficiant d'un entraînement avec un ergothérapeute (REED),
- un deuxième groupe disposant d'un auto-entraînement à domicile avec la mise à disposition du logiciel et d'un guide d'entraînement conçu par un ergothérapeute (AUTO)
- un troisième groupe ne disposant d'aucun entraînement (LIBRE).

Dans le groupe REED, 12 personnes tétraplégiques ont été incluses (2 femmes, 10 hommes de moyenne d'âge 40,3 (SD13) et d'antériorité de lésion de 13,3 (SD13) ans). Concernant le niveau d'étude, 6 personnes n'ont pas le bac, 3 entre Bac et Bac+3 et 3 au moins Bac+5. Onze personnes utilisent l'outil informatique depuis plus de 10 ans et 1 seule entre 1 et 5 ans. La fréquence de l'outil informatique est journalière pour 11 des personnes tétraplégiques incluses et hebdomadaire pour l'une d'entre elles. Enfin, la fréquence d'utilisation du traitement de texte est journalière pour deux personnes, hebdomadaire pour 4 personnes et mensuelle pour 6 personnes.

Dans le groupe AUTO, 9 personnes tétraplégiques ont été incluses (1 femme, 8 hommes de moyenne d'âge 44,2 (SD10) ans et d'antériorité de lésion de 15,4 (SD9) ans). Concernant le niveau d'étude, 3 personnes n'ont pas le bac, 2 entre Bac et Bac+3 et 4 au moins Bac+5. Toutes utilisent l'outil informatique depuis plus de 10 ans. La fréquence de l'outil informatique est journalière pour toutes les personnes. Enfin, la fréquence d'utilisation du traitement de texte est journalière pour 4 personnes, hebdomadaire pour 3 personnes et mensuelle pour 2 personnes.

Dans le groupe LIBRE, 11 personnes tétraplégiques ont été incluses (3 femmes, 8 hommes de moyenne d'âge 38,3 (SD8) ans et d'antériorité de lésion de 6 (SD5) ans). Concernant le niveau d'étude, 3 personnes n'ont pas le bac, 4 entre Bac et Bac+3 et 4 au moins Bac+5. Huit utilisent l'outil informatique depuis plus de 10 ans, 2 personnes entre 5 et 10 ans et une personne entre 1 et 5 ans. La fréquence de l'outil informatique est journalière pour huit personnes, hebdomadaire pour deux

personnes et mensuelle pour 5 personnes. Enfin, la fréquence d'utilisation du traitement de texte est journalière pour 4 personnes, hebdomadaire pour 2 personnes et mensuelle pour 5 personnes.

Résultats des évaluations objectives.

Vitesse de saisie de texte (caractères par minutes)

TABLEAU 2 : MOYENNE (SD) DES VITESSES DE SAISIE DE TEXTE (CARACTERES PAR MINUTES).

GROUPE	SANS PREDICTION			AVEC PREDICTION		
	J0	J15	J30	J0	J15	J30
LIBRE	58,5 (34)	59,5 (34)	62,2 (36)	44,9 (22)	50,4 (22)	51,7 (24)
AUTO	62,9 (24)	61,9 (23)	61,9 (26)	50,7 (16)	50,3 (16)	50,9 (16)
REED	62,7 (20)	68,9 (25)	75,3 (27)	51,1 (18)	58,7 (19)	66,9 (23)

Pour les trois groupes, écrire sans prédiction est plus rapide qu'écrire avec la prédiction de mots et ce, respectivement à J0 ($P<0.001$), J15 ($P<0.001$) et J30 ($P<0.001$).

Nombre d'erreurs.

TABLEAU 3 : MOYENNE (SD) DU NOMBRE D'ERREURS

GROUPE	SANS PREDICTION			AVEC PREDICTION		
	J0	J15	J30	J0	J15	J30
LIBRE	16,8 (7)	16,6 (7)	17,2 (7)	12,5 (7)	10,5 (5)	11,7 (5)
AUTO	15,8 (6)	13,5 (5)	14,5 (8)	15,6 (7)	11,4 (5)	12,3 (5)
REED	18,2 (13)	17,6 (7)	17 (10)	17,6 (7)	12,7 (8)	11,4 (5)

Nous retrouvons un effet significatif du temps ($P=0,01$) et de la condition ($P<0,001$) sur le nombre d'erreurs.

COPM

Nous ne retrouvons pas d'effet significatif du temps ($p=0,14$), du groupe ($p=0,77$) sur les sensations de performance et de satisfaction. Au niveau des interactions, nous ne retrouvons pas d'interaction significative entre le temps et le groupe ($p=0,77$).

Discussion.

Effet de l'entraînement.

Pour le groupe entraîné avec un ergothérapeute, nous notons un effet de l'entraînement sur la vitesse de saisie de texte qui augmente au fil du temps. En parallèle, nous notons une augmentation de la vitesse de sélection, du taux d'utilisation de la prédiction, et de la sensation de rapidité à J30 par rapport à J0. Nous notons aussi une baisse de la charge attentionnelle entre J0 et J30. L'ensemble de ces résultats indique un effet positif d'un entraînement dirigé sur l'appropriation d'un logiciel de prédiction de mots. Ces résultats vont dans le sens de certaines données de la littérature qui spécifient l'influence de l'entraînement sur la vitesse de saisie de texte lors de l'utilisation de claviers optimisés ou dynamiques, ou de logiciels de prédiction de mots (MacKenzie and Zhang, 1999) (Ward et al., 2000) (Koester and Levine, 1996)(Handley-More et al., 2003). Néanmoins, dans les deux autres groupes, un sans entraînement et l'autre en auto-entraînement guidé au domicile, nous notons une vitesse de saisie plus importante lors des sessions suivantes à J15 pour le groupe en auto-entraînement et à J30 pour le groupe libre, avec une vitesse de sélection supérieure et un taux d'utilisation plus important de la prédiction de mots. Par contre, nous ne notons pas d'influence sur le nombre d'erreurs ou sur les analyses subjectives. Il est possible que pour le groupe avec auto-entraînement, un effet réduit de l'entraînement sur l'augmentation de la vitesse de saisie de texte soit présent que les quinze premiers jours et que nous ayons un effet plafond sur les quinze jours suivants. Ce résultat pourrait suggérer que le programme d'auto-entraînement serait à réajuster au-delà de la période des 15 jours. De même, pour le groupe sans entraînement, il est possible que le fait de se savoir évaluer sur les deux séances suivantes ait conduit implicitement les personnes participantes à continuer l'apprentissage de la tâche entraînant une augmentation de la vitesse de saisie de texte à J30. Laffont a montré qu'un entraînement dirigé de 10 séances d'une heure sur 10 jours suivi d'un temps d'apprentissage à domicile libre de deux mois d'un synthétiseur vocal équipé d'une prédiction de mots donne des résultats hétérogènes sur l'augmentation de la vitesse de saisie de texte avec ou sans logiciel de prédiction. Néanmoins, en addition à l'hétérogénéité de la population étudiée, les résultats après l'entraînement ne sont pas disponibles. Il est donc possible qu'ils soient légèrement différents après la période d'entraînement avec les professionnels et avant de commencer la séquence libre d'entraînement au domicile.

Par conséquent, en vue des résultats, il est difficile de mettre en évidence une supériorité d'un entraînement sur un autre étant donné qu'un effet groupe n'a pas été identifié. De plus, dans la littérature, nous ne trouvons pas d'études pouvant confirmer ou infirmer ces résultats sur l'outil informatique. Enfin, dans notre étude, même si, dans le groupe avec entraînement dirigé par un

thérapeute, plus de paramètres ont été améliorés que dans le groupe en auto-entraînement, il s'avère que cet auto-entraînement peut être une alternative intéressante lorsqu'un effectif réduit de thérapeutes formés est disponible pour les personnes tétraplégiques. De plus, il est possible qu'en augmentant la durée d'entraînement pour le groupe en auto-entraînement en le calquant sur la durée d'entraînement du groupe avec entraînement (c'est-à-dire en passant de 1h15/semaine à 2h15/semaine), nous assistions à une augmentation supplémentaire de la vitesse de saisie de texte pour le groupe auto-entraîné permettant ainsi d'égaliser le gain obtenu en entraînement dirigé par le thérapeute.

Intérêt du logiciel de prédiction de mots.

Dans les trois groupes, à J30, les participants écrivent plus vite sans logiciel de prédiction de mots qu'avec le logiciel malgré l'influence de l'entraînement sur l'augmentation de la vitesse de saisie de texte. Ce résultat est conforté par la diminution de la vitesse de sélection et la sensation de charge attentionnelle plus élevée avec le logiciel de prédiction de mots. Ces résultats semblent indiquer qu'un entraînement dirigé par un thérapeute améliore l'appropriation des outils proposés (logiciels de prédictions mots, ordinateurs). Néanmoins, cet entraînement dirigé n'entraîne pas de bénéfice supplémentaire sur ces deux paramètres des logiciels de prédiction de mots par rapport aux outils standards pour une population de personnes tétraplégiques de niveau lésionnel compris entre C6 et C8 Asia A ou B. Par conséquent, l'investissement à la fois de la personne tétraplégique et du professionnel sans réel bénéfice semble démesuré. En effet, ces résultats posent l'intérêt de mettre en place un entraînement ou un apprentissage sur ce type d'outils si la personne tétraplégique n'en tire pas de bénéfice effectif. Ces résultats sont en accord avec certaines études de la littérature (Koester and Levine, 1996). De même, nous retrouvons les résultats de l'étude menée sur l'influence du paramétrage d'adaptation au vocabulaire de l'utilisateur. En effet, chez les participants, ayant une lésion inférieure à C6 Asia A ou B, nous ne retrouvons pas une augmentation de la vitesse de saisie de texte avec le logiciel de prédiction de mots. Malgré tout, nous retrouvons une diminution du nombre d'erreurs. Il est intéressant pour le clinicien de connaître cet autre bénéfice que les logiciels de prédiction de mots peuvent apporter en dehors d'un hypothétique gain de vitesse lors de la saisie de texte. Cet apport pourra être expliqué à la personne tétraplégique qui fera dans ce cas, un choix éclairé afin de privilégier soit une éventuelle réduction du nombre d'erreurs (aspect qualitatif) soit augmentation de la vitesse de saisie de texte (aspect quantitatif). Dans ce cas-là, la personne tétraplégique et le professionnel pourront juger ensemble de l'intérêt de mettre en place un entraînement en contrebalançant le bénéfice apporté le logiciel face au en temps passé en l'entraînement.

Une autre hypothèse pouvant expliquer ces résultats serait un temps trop limité d'entraînement dispensé auprès des personnes tétraplégiques ne permettant pas l'appropriation du logiciel de prédiction de mots. Néanmoins, en regard des durées d'entraînement supervisées par un professionnel, proposées dans la littérature auprès de personnes tétraplégiques ou en situation de déficiences sensitivomotrices des membres supérieurs (Heidi Horstmann Koester and Levine, 1994) (Koester and Levine, 1996) (Laffont et al., 2007), l'étude que nous avons mise en place a été menée sur la durée la plus longue et avec un nombre de séances conséquent (1 mois avec une fréquence de 3 séances de 45 minutes par semaine). Mais, les résultats obtenus ne sont pas différents de ceux recensés dans la littérature. Par conséquent, il est possible que l'appropriation des logiciels de prédiction de mots nécessite une durée d'entraînement plus longue que celle proposée. Enfin, il est aussi possible que la nature ou le contenu des séances de rééducation proposées ne soit pas en adéquation avec un apprentissage et une appropriation des logiciels de prédictions de mots. Malheureusement, dans la littérature, nous n'avons pas retrouvé de scénarios d'entraînement spécifié, ayant fait consensus, pour l'appropriation de ces logiciels de prédiction de mots.

Limites

Les résultats préliminaires de cette étude sont à discuter avec prudence en vue du faible nombre de personnes tétraplégiques incluses dans chaque groupe. De même, actuellement, le déséquilibre du nombre de personnes entre les différents groupes a pu occasionner un biais dans l'analyse de ces résultats. Néanmoins, à la fin de l'étude, ce biais potentiel dû à un nombre déséquilibré dans chaque groupe sera évité puisque nous aurons inclus 15 personnes tétraplégiques dans chaque groupe. De même, la différence de la durée d'entraînement entre le groupe avec entraînement (2h15/semaine) et le groupe en auto-entraînement (1h15/semaine) peut créer une différence de résultats. Enfin, le fait d'utiliser des ordinateurs différents pour l'entraînement et pour l'évaluation a pu créer un biais. En effet, changer les repères de saisie de texte des participants entre l'évaluation et l'entraînement a pu diminuer la performance de ces derniers lors de cette même évaluation.

Conclusion

L'objectif de cette étude était de définir si un entraînement contrôlé sur les logiciels de prédictions de mots avait une influence sur la vitesse de saisie de texte auprès d'une population homogène de personnes tétraplégiques. Les résultats ont montré un effet intéressant de l'entraînement dirigé par un thérapeute, mais n'ont pas permis de mettre en exergue l'intérêt de la prédiction de mots sur la vitesse de saisie de texte. Néanmoins, nous avons observé une diminution du nombre d'erreurs du fait de l'utilisation du logiciel de prédiction de mots. Les logiciels de prédiction de mots semblent être plus indiqués pour des populations de personnes tétraplégiques écrivant avec un clavier virtuel que celles qui accèdent à l'ordinateur avec un clavier standard même avec un entraînement dirigé. Enfin, même si aucune technique (auto-entraînement, entraînement dirigé par un thérapeute, entraînement libre) n'a été supérieure à une autre, l'amélioration des différents paramètres a été plus importante dans le groupe en entraînement dirigé par le thérapeute, ce qui justifie d'approfondir les études dans ce champ.

V. SYNTHÈSE DES RESULTATS

Pour rappel, nous avons émis les cinq hypothèses de travail suivantes :

- **Les caractéristiques personnelles des personnes tétraplégiques ainsi que leur interface d'accès à l'outil informatique influence leur vitesse de saisie de texte.**
- **Les professionnels préconisant les logiciels de prédiction de mots paramètrent les réglages qu'ils considèrent comme importants pour augmenter la vitesse de saisie de texte des personnes tétraplégiques.**
- **Certains paramétrages des logiciels de prédictions de mots tels le nombre de mots affichés dans la liste de prédiction et l'adaptation du logiciel à la fréquence d'utilisation des mots par l'utilisateur ont une influence directe sur la vitesse de saisie de texte des personnes tétraplégiques.**
- **Les modalités d'entraînement sur les logiciels de prédiction de mots ont une influence sur la vitesse de saisie de texte des personnes tétraplégiques.**

Suite à cette série d'études, plusieurs résultats se dégagent en fonction des hypothèses :

« Les caractéristiques personnelles des personnes tétraplégiques ainsi que leur interface d'accès à l'outil informatique influence leur vitesse de saisie de texte. » (Etude 1)

La **vitesse de saisie de texte** sur l'outil informatique **est significativement plus lente chez les personnes tétraplégiques que chez les personnes valides.**

Entre la population **valide** et les personnes **tétraplégiques**, nous notons des **différences en termes d'influence de certaines caractéristiques** telle la fréquence d'utilisation du traitement de texte par exemple. Ces différences d'influence entre les deux populations suggèrent que les **résultats des études sur la vitesse de saisie de texte ne peuvent pas être généralisables aux deux populations et que des études spécifiques à chaque population doivent être menées.**

Chez les personnes tétraplégiques, nous ne trouvons **pas d'influence des différentes caractéristiques personnelles (âge, niveau d'études, par exemple) sur la vitesse de saisie de texte.** Par contre, **l'interface d'accès à l'outil informatique influe sur la vitesse de saisie de texte contrairement au niveau lésionnel.** De plus, il semble que certaines solutions d'optimisation de la vitesse de saisie de texte telle la reconnaissance vocale puissent être une solution afin d'annuler les effets de la déficience.

« Les professionnels préconisant les logiciels de prédiction de mots paramètrent les réglages qu'ils considèrent comme importants pour augmenter la vitesse de saisie de texte des personnes tétraplégiques. » (Etude 2)

Le questionnaire d'usage, révèle que les professionnels **préconisent majoritairement le logiciel de prédiction de mots Skippy** de la suite logicielle Eurovocs, Jabbla. Les **professionnels jugent important le fait de pouvoir paramétrer** les logiciels de prédiction de mots, mais **peu de professionnels le font** en réalité. Par conséquent, cette attitude peut être **délétère si les paramétrages des logiciels influencent leur efficacité** sur la vitesse de saisie de texte, d'autant plus que **certains de ces paramétrages ne sont pas activés par défaut.** Au niveau des paramétrages, la **possibilité de changer le nombre de mots affichés dans la liste de prédiction est considérée comme importante (8/10)** et ce réglage est **paramétré par plus de 50% des professionnels.** Enfin, deux paramétrages sont jugés très importants par les professionnels : **l'apprentissage des mots nouveaux** et **l'adaptation continue du logiciel au vocabulaire usuel de l'utilisateur** (respectivement 9/10 et

10/10). Cependant, ces deux fonctionnalités **sont peu paramétrées**. L'explication la plus cohérente semble être que les professionnels pensent que ces fonctionnalités sont déjà activées par défaut dans les logiciels de prédiction de mots.

« Certains paramétrages des logiciels de prédictions de mots tels le nombre de mots affichés dans la liste de prédiction et l'adaptation du logiciel à la fréquence d'utilisation des mots par l'utilisateur ont une influence directe sur la vitesse de saisie de texte des personnes tétraplégiques. » (Etude 3 et 4).

L'utilisation d'un logiciel de prédiction de mots donne des résultats hétérogènes sur la **vitesse de saisie de texte** sur l'outil informatique des personnes en situation de déficiences sensitivomotrices des membres supérieurs. Cette utilisation de logiciel sans prise en compte des différents réglages semble être une voie d'explication de cette hétérogénéité.

Suite aux deux études évaluant l'influence des paramétrages suivants (nombre de mots affichés dans la liste de prédiction, adaptation du logiciel au vocabulaire de l'utilisateur), nous trouvons que **l'effet du nombre de mots affichés** dans la liste de prédiction de mots sur la vitesse de saisie de texte **diffère en fonction du niveau lésionnel médullaire cervical** (haut et bas).

Pour les personnes tétraplégiques **hautes**, nous ne retrouvons **pas d'amélioration ni de dégradation de la vitesse de saisie de texte, quel que soit le nombre de mots affichés**.

Pour le groupe de personnes tétraplégiques **basses**, **une dégradation de la vitesse de saisie de texte est effective avec le logiciel de prédiction de mots, quel que soit le nombre de mots affichés**.

Sur le plan subjectif, les personnes tétraplégiques basses se sentent plus rapides avec un affichage à 3 mots alors que les personnes tétraplégiques hautes ont une satisfaction plus élevée avec un affichage à 8 mots. **Plus qu'une influence du nombre de mots affichés sur la vitesse de saisie de texte, il s'agit davantage d'un confort d'utilisation pour les personnes tétraplégiques**.

Concernant les **personnes valides**, nous retrouvons des résultats un peu différents de la population tétraplégique. Au niveau de la vitesse de saisie de texte, les résultats s'approchent du groupe de personnes tétraplégiques basses. **L'utilisation du logiciel de prédiction de mots, quel que soit le nombre de mots affichés dégrade la vitesse de saisie de texte**. Par contre, nous voyons un **bénéfice secondaire à savoir la réduction du nombre d'erreurs** grâce à l'usage du logiciel de prédiction de mots. Le nombre de mots affichés n'a pas d'influence sur ce nombre d'erreurs.

Sur le plan subjectif, le comportement des personnes valides est différent des personnes tétraplégiques. Pour les personnes valides, nous retrouvons une augmentation de la fatigue et une diminution de la sensation de rapidité à l'utilisation de la prédiction de mots. Enfin, une augmentation de la charge attentionnelle est soulignée avec le logiciel de prédiction de mots et

majorée avec un affichage à 8 mots. En conclusion, aucun bénéfice subjectif du logiciel de prédiction de mots n'est mis en avant par les personnes valides contrairement aux personnes tétraplégiques où un certain confort est souligné.

Concernant **l'influence du paramétrage d'adaptation du logiciel de prédiction au vocabulaire de l'utilisateur** sur la vitesse de saisie de texte, nous retrouvons des résultats différents selon le niveau lésionnel (haut et bas).

Pour les personnes **tétraplégiques basses**, les logiciels de prédiction de mots avec ce paramétrage activé **réduisent la vitesse de saisie de texte, mais diminuent simultanément le nombre d'erreurs.**

Pour les personnes **tétraplégiques hautes**, nous retrouvons un effet inverse à savoir **une augmentation de la vitesse de saisie de texte, mais pas de diminution du nombre d'erreurs.**

« Les modalités d'entraînement sur les logiciels de prédiction de mots ont une influence sur la vitesse de saisie de texte des personnes tétraplégiques. » (Etude 5)

Un **entraînement libre à domicile** sur un logiciel de prédiction de mots **n'a pas d'influence sur la vitesse de saisie de texte.** Nous retrouvons par contre **un effet intéressant de l'entraînement dirigé** par un thérapeute sur **la vitesse de saisie de texte, la vitesse de sélection, le taux d'utilisation de la prédiction, la sensation de charge attentionnelle et de rapidité.** L'auto-entraînement ou l'appropriation libre du logiciel de prédiction de mots a un effet très limité sur la vitesse de saisie de texte. Néanmoins, cela ne permet pas de mettre en exergue l'intérêt de la prédiction de mots sur la vitesse de saisie de texte. Par contre, nous retrouvons une diminution du nombre d'erreurs du fait de l'utilisation du logiciel de prédiction de mots.

VI. CONCLUSION GENERALE

Bilan des principaux résultats.

Au cours de ce travail de recherche, nous avons pu étudier l'influence des paramétrages des logiciels de prédiction de mots et d'un programme d'entraînement ciblé sur la vitesse de saisie de texte chez les personnes tétraplégiques. De même, nous avons pu investiguer les habitudes des professionnels préconisateurs de ces logiciels sur leurs paramétrages.

L'étude 1 nous a permis de mettre en évidence des vitesses de saisie de texte chez les personnes tétraplégiques hautes et basses. Les résultats montrent que seule l'aide technique d'accès à l'outil informatique influence la vitesse de saisie de texte chez les personnes tétraplégiques alors que, chez

les personnes valides, l'utilisation importante du traitement de texte a de même une influence sur cette vitesse. Ces résultats nous indiquent que les logiciels de reconnaissance vocale permettent une vitesse de saisie de texte chez les personnes tétraplégiques équivalentes à celle des personnes valides. De plus, il s'avère que la population tétraplégique a un comportement différent que la population valide lors de la saisie de texte sur l'outil informatique. **Par conséquent, lors de développement de nouveaux outils d'accès à l'outil informatique ou d'optimisation de la vitesse de saisie de texte, les phases de test semblent largement plus pertinentes lorsqu'elles sont effectuées sur la population initialement visée. De plus, le développement de nouveaux moyens d'accès à l'outil informatique et notamment les logiciels de reconnaissance vocale comme moyen d'optimisation de la vitesse de saisie de texte semblent une voie de recherche intéressante.**

L'étude 2 a mis en évidence une différence entre l'importance donnée aux paramètres des logiciels de prédiction de mots par les professionnels préconisateurs et les paramètres effectivement réglés. Cette différence pouvait s'expliquer par une confiance dans les réglages par défaut des logiciels, mais qui ne sont pas forcément identiques et effectifs, un manque d'information et de temps des professionnels. Ces résultats sont renforcés par le manque de connaissance de l'influence de certains paramètres sur la vitesse de saisie de texte. **Ces différents constats, mis en relation avec les résultats de l'étude 1, indiquent qu'une attention particulière doit être portée sur les modalités de préconisation des logiciels de prédiction de mots. De plus, il semble important de diffuser l'information de recherches sur le sujet à travers les réseaux d'information existants ou de mettre en place ces réseaux afin d'assurer une propagation importante des informations susceptibles d'améliorer la prise en charge clinique des personnes tétraplégiques.**

Les études 3 et 4 nous indiquent que les paramètres (nombre de mots affichés dans la liste de prédiction et l'adaptation du logiciel au vocabulaire de l'utilisateur) ont une influence sur la saisie de texte que ce soit au niveau de la vitesse de saisie de texte, du nombre d'erreurs ou du confort. Mais ces influences sont différentes en fonction du niveau lésionnel haut ou bas des personnes tétraplégiques. Chez les personnes tétraplégiques basses, le nombre de mots affichés n'influence pas la vitesse de saisie de texte, mais les personnes se sentent plus confortables avec trois mots. L'activation du paramètre d'adaptation du logiciel au vocabulaire de l'utilisateur n'influence pas la vitesse de saisie de texte, mais réduit le nombre d'erreurs. Chez les personnes tétraplégiques hautes, nous ne retrouvons de même aucune influence du nombre de mots affichés, mais ils se sentent plus confortables avec huit mots affichés. Par contre, l'activation du paramètre d'adaptation du logiciel au vocabulaire de l'utilisateur augmente leur vitesse de saisie de texte. Ces résultats montrent pour les cliniciens l'importance des réglages des logiciels de prédiction et surtout leur influence différente sur la saisie de texte. **Par conséquent, il est apparu nécessaire de paramétrer les logiciels de prédictions de mots, mais aussi de connaître l'influence des différents réglages. De plus, des études**

complémentaires seraient nécessaires afin d'évaluer l'influence des autres paramétrages (localisation de la fenêtre de prédiction et la possibilité de ne présenter les mots qu'à partir d'un nombre de caractères définis) des logiciels de prédictions de mots sur la vitesse de saisie de texte.

Enfin, l'étude 5 semble avoir mis en évidence l'influence d'un entraînement dirigé sur la vitesse de saisie de texte, d'après les premiers résultats préliminaires. Néanmoins, les personnes tétraplégiques basses écrivaient plus vite sans logiciel de prédiction qu'avec, et ce, même après l'entraînement dirigé. **Une réflexion concernant le temps, la nature et le contenu de l'entraînement sera à mener si les résultats définitifs confirment les résultats préliminaires.**

Perspectives

Les perspectives de ce travail de recherche se situent à deux niveaux : à la fois, à un niveau clinique en vue d'améliorer nos préconisations et notre accompagnement et à la fois, à un niveau de recherche afin de pouvoir répondre aux interrogations supplémentaires qui ont été soulevées à la suite de ce travail.

Au niveau clinique, compte tenu du manque d'information soulignée par les professionnels, **il semble important de favoriser la diffusion des résultats de la recherche non seulement à travers les publications scientifiques internationales, mais aussi à travers des publications nationales plus abordables et peut-être aussi plus proches de préoccupations de terrain.** De même, cette diffusion doit être effectuée lors de conférence afin de favoriser les échanges, à travers les forums d'information et de discussion des différents corps de métiers et en formation continue et initiale.

Il semble important de changer certaines habitudes d'accompagnement des personnes tétraplégiques et **d'avoir à l'esprit l'importance des paramétrages des logiciels de prédiction de mots et leur influence sur la saisie de texte que ce soit au niveau de la vitesse de saisie ou du nombre d'erreurs.** Ces différents bénéfices doivent être expliqués à la personne tétraplégique qui pourra choisir en toute connaissance de cause. **Ce choix passe aussi par la connaissance des besoins et des attentes des personnes tétraplégiques concernant les logiciels de prédiction de mots.**

En effet, il semble primordial, désormais d'identifier à travers une étude clinique, les besoins et attentes des personnes tétraplégiques envers les logiciels de prédiction de mots. Au vu de la différence des résultats obtenus lors des études, en fonction du niveau lésionnel, il semble primordial d'effectuer cette analyse de besoins dans les deux populations (niveau lésionnel haut et bas). Ce recueil est important, car il permettra à la fois de mieux orienter nos préconisations pour les personnes tétraplégiques, en lien avec les bienfaits identifiés des logiciels et d'autre part d'orienter des développements futurs sur ce type de logiciels. De plus, consacrer du temps aux

paramétrages des logiciels en connaissant leur influence puis à l'entraînement sur ces outils semble important dans l'appropriation de ces logiciels par les personnes tétraplégiques.

Systématiser les entraînements dirigés sur les logiciels de prédiction de mots nécessite une réflexion et une validation sur les modalités et la nature de ces accompagnements. La création d'un groupe de travail de professionnels afin de réfléchir à cette thématique semble intéressante.

Le développement de plans d'intervention consensuels à l'aide d'une méthode Delphi, par exemple, et leur évaluation sont essentiels dans l'harmonisation des pratiques professionnelles et dans le bénéfice apporté aux personnes tétraplégiques.

Sur le plan de la recherche, différentes voies d'exploration sont à étudier :

Concernant les aides techniques d'accès à l'outil informatique, **de nouvelles pistes sont à explorer afin de développer de nouveaux outils** qui pourraient favoriser et augmenter la vitesse de saisie de texte.

Concernant les logiciels de reconnaissance vocale, au vu du potentiel de ces outils, **un travail de recherche visant à diminuer leurs défauts (difficultés de reconnaissance de voix dysarthriques, bruits de fond perturbateurs, nuisance sonore) serait intéressant.**

Concernant les claviers dynamiques, **au vu des fonctionnements et des designs très différents de ces claviers entre eux, une évaluation de chaque logiciel serait indispensable afin de valider leur intérêt auprès des personnes tétraplégiques.**

Concernant les logiciels de prédiction de mots, nous notons un apport du paramétrage d'adaptation du logiciel au vocabulaire de l'utilisateur pour les personnes tétraplégiques hautes sur la vitesse de saisie de texte. Pour les personnes tétraplégiques basses, cette influence n'est pas effective, mais elles se sentent plus confortables avec trois mots affichés. En effet, cela permet de réduire en partie le champ visuel exploratoire. **Il est possible qu'en améliorant l'algorithme de prédiction en le focalisant sur les trois premiers mots avec une meilleure adaptation au contexte d'utilisation et au vocabulaire utilisateur, une amélioration de la vitesse de saisie de texte soit possible pour les personnes tétraplégiques basses.**

De même, si la réduction du champ exploratoire permet d'augmenter la vitesse de saisie de texte généraliser les tablettes tactiles équipées de clavier virtuel et d'une prédiction de mots, pour les personnes tétraplégiques basses serait intéressant pour augmenter cette vitesse de saisie de texte.

En effet, utiliser le clavier virtuel à l'écran permettra de réduire ce champ de recherche visuelle. Néanmoins, **des études cliniques évaluant cette situation seraient nécessaires afin de vérifier cette hypothèse.**

De plus, il est possible que les logiciels de prédictions de mots soient plus adaptés à des personnes ayant une saisie de texte très lente. Des études complémentaires sur des populations de personnes en situation de déficiences sensitivomotrices des membres supérieurs ayant accès à l'outil

informatique en défilement peuvent être intéressantes afin d'apporter des connaissances supplémentaires. **De même, si cette hypothèse se justifie, il peut être intéressant d'étudier à quelle vitesse de saisie de texte, le bénéfice d'augmentation de cette même vitesse de saisie de texte apparait.**

De plus, **une connaissance de l'influence des autres paramétrages des logiciels de prédiction sur la vitesse de saisie de texte peut être investiguée même s'ils ont été jugés moins importants par les professionnels.**

Dans tous les cas, **il semble intéressant de systématiser des études cliniques afin d'évaluer l'intérêt de nouvelles aides techniques développées pour une population de personnes tétraplégiques. Enfin, au vu des résultats, il semble primordial, de différencier chez les personnes tétraplégiques, deux populations en fonction de leur niveau lésionnel (haut et bas) et de leur moyen d'accès à l'outil informatique, pour de futures études cliniques ou lors de préconisations d'aides techniques.**

L'ensemble de ce travail associé aux perspectives décrites ci-dessus permettra d'améliorer l'appropriation des logiciels de prédiction par les personnes tétraplégiques et au final, répondre à un réel besoin d'efficacité sur l'outil informatique.

VII. Annexes : Articles scientifiques

ORIGINAL ARTICLE

Text input speed in persons with cervical spinal cord injury

S Pouplin^{1,2,3,4}, N Roche^{3,4,5}, I Vaugier⁴, S Cabanilles^{1,2}, C Hugeron² and D Bensmail^{1,2,3,4}

Study design: This is a prospective clinical study.

Objectives: The objectives of this study were to determine text input speed (TIS) in persons with cervical spinal cord injury (SCI) and to study the influence of personal characteristics and type of computer access device on TIS.

Setting: This study was conducted in the Rehabilitation Department, Garches, France.

Methods: People with cervical SCI were included if their level of injury was between C4 and C8 Asia A or B, and if they were computer users. In addition, able-bodied people were recruited from the hospital staff. Each participant underwent a single evaluation using their usual computer access devices. TIS was evaluated during a 10-min copying task. The relationship between the characteristics of participants with cervical SCI, type of computer access device and TIS were analyzed using a Scheirer–Ray–Hare test (nonparametric test similar to a two-way analysis of variance).

Results: Thirty-five participants with cervical SCI and 21 able-bodied people were included. Median TIS of participants with cervical SCI was 9 (6; 14) words per minute (w.p.m.) and of able-bodied participants was 19 (14; 24) w.p.m. ($P=0.001$). Median TIS of participants with lesions at or above C5 was 12 (4; 13) w.p.m. and of those with lesions below C5 was 10 (9; 18) w.p.m. ($P=0.38$). The Scheirer–Ray–Hare test showed that only the type of computer access device significantly influenced TIS. Surprisingly, none of the person's characteristics, including the level of cervical lesion, affected TIS.

Conclusion: This is the first study to analyze TIS in a group of participants with cervical SCI. The results showed that only the type of computer access device influenced TIS.

Spinal Cord advance online publication, 15 September 2015; doi:10.1038/sc.2015.147

INTRODUCTION

The use of technological devices such as computers is often essential for the social and professional integration of persons with cervical spinal cord injury (SCI);¹ however, they can be difficult to access. Depending on the level of the lesion, different devices exist to facilitate computer access.² Persons with cervical SCI Asia A and B can be classified into two functional groups.³ The first group includes those whose injury level is at or above C5. To access a computer, this group requires assistive devices that are operated by head movements. The mouse cursor can be controlled by head tracking devices involving video or infrared cameras,⁴ and for text input, mouthsticks^{5,6} can be used with a standard keyboard or pointing devices with an on-screen keyboard.^{7,8}

The second functional group includes those whose injury level is at or below C6 Asia A and B. This group may be able to use a standard keyboard with hand splints, or to press keys with the metacarpophalangeal joint of the little finger using forearm supination. Special devices such as trackballs and touchpads can be fitted to standard hardware to control the mouse cursor. Speech recognition devices are also an option for both groups.⁵

However, despite the development of these different devices, text input speed (TIS) remains lower for people with sensory motor

impairments than for able-bodied people.⁹ In the literature, it is very difficult to find specific data regarding TIS for persons with cervical SCI, particularly for those with high levels of SCI (C5 or above, Asia A or B). Many studies have been carried out to evaluate TIS,^{5,7,8} however, all of them have important limitations: first, the pathologies¹⁰ (both sensory and motor impairments such as locked-in syndrome, neuromuscular disorders and cervical SCI) and the severity of sensory–motor impairment¹¹ (pooled results of assessments with persons with different motor function capacities) evaluated are quite heterogeneous. In addition, (i) the samples are usually very small; (ii) the computer access devices used very different; and (iii) some important methodological aspects are not specified. A summary of the studies evaluating TIS is provided in Table 1, which is classified according to the pathologies and devices studied.

The studies presented in Table 1 highlight the lack of data regarding the influence of participant's characteristics on TIS. The effect of lesion level, age, gender, education level, word processing use and duration of computer use have not been analyzed, although these parameters could influence TIS.¹² A few studies in able-bodied people have assessed the effect of gender on TIS and showed an effect on Internet searching speed¹³ and on a visuospatial task¹⁴ in men. Until now, no study has evaluated the effects of such parameters in persons with SCI.

¹New Technologies Plate-Form, AP-HP, Raymond Poincaré Teaching Hospital, Garches, France; ²Physical Medicine and Rehabilitation Department, AP-HP, Raymond Poincaré Teaching Hospital, Garches, France; ³Inserm Unit 1179, Team 3: Technologies and Innovative Therapies Applied to Neuromuscular Diseases, University of Versailles St-Quentin-en-Yvelines, Versailles, France; ⁴Clinical Innovations Center 1429, AP-HP, Raymond Poincaré Teaching Hospital, Garches, France and ⁵Physiology–Functional Testing Ward, AP-HP, Raymond Poincaré Teaching Hospital, Garches, France

Correspondence: S Pouplin, Plate-Forme Nouvelles Technologies, Service de Médecine Physique et Réadaptation, Pavillon Widal Hôpital R Poincaré, 104 Boulevard R Poincaré, Garches 92380, France.

E-mail: samuel.pouplin@rpc.aphp.fr

Received 21 November 2014; revised 6 July 2015; accepted 9 July 2015

Table 1 TIS in the literature

Participants	Number of participants	Devices	TIS (w.p.m.)	Studies
Participants with cervical SCI	1–6	Standard keyboard	5–35	5–7,12
	1	On-screen keyboard	3–3	7,15
	1	Speech recognition system	20	5
Participants with sensory motor impairment (mixed pathologies)	1–24	Standard keyboard	1–38	8,12,19
	1–10	On-screen keyboard	0.5–24	8,10,11
	1–8	Scanning on-screen keyboard	0.3–5	20,21
	5–24	Speech recognition system	5–113	19,22

Abbreviations: TIS, text input speed; SCI, spinal cord injury; w.p.m., words per minute.

Indeed, studies of people with cervical SCI have been limited to case studies or studies of small samples,^{5–7,12,15} focusing on TIS but not on the possible interaction between participant's characteristics and TIS.

It has also been shown that differences in TIS could be explained by the use of different computer access devices;^{5,7} however, these studies were carried out on very small numbers of heterogeneous patients. Existing devices are considered to be adapted to the level of injury, functional capacities, sensory motor impairments and spasticity of people with SCI; however, the influence of individual devices on TIS has never been studied in a sample of people with SCI. Because these previous studies showed a very high level of variability of TIS and as typical TIS is not known, the aims of this study were first to study TIS in a sample of persons with Asia A or B tetraplegia and second to study (i) the influence of participant characteristics on TIS and (ii) the influence of the type of computer access device on TIS.

We hypothesized that participant characteristics and the type of computer access device would influence TIS in people with cervical SCI.

MATERIALS AND METHODS

Participants

This study was carried out between January 2011 and December 2012. During this period, participants with cervical SCI followed up in the Department of Physical Medicine and Rehabilitation of a Teaching Hospital were included if they were over 18 years old, had an SCI between C4 and C8 Asia A or B, were computer users and could read and write French. Participants were excluded if they had cognitive, linguistic or visual impairments. The study was approved by the local ethics committee (CPP Ile de France, Saint Germain en Laye, France), and all participants provided written informed consent before participation.

In addition, able-bodied people were recruited from hospital staff. The inclusion criteria were as follows: computer users who could read and write French. The able-bodied persons were matched to the participants with cervical SCI for age, gender and education level.

Materials and study design

To standardize the evaluation conditions, able-bodied participants all used a standard Hewlett-Packard Compaq 8510P computer (Hewlett-Packard, Palo Alto, CA, USA). The participants with cervical SCI used the same computer that was equipped with a Windows On-screen Keyboard and a speech recognition system (Dragon Naturally Speaking v.12, Nuance Society, Burlington, MA, USA), along with their usual computer access devices. If they usually used a

speech recognition system, a standard keyboard or on-screen keyboard and pointing devices, the evaluations were carried out with these same devices. The use of word prediction software was not allowed to limit the bias associated with the type of computer access device on TIS. The speech recognition system was used in a quiet room.

A single evaluation was carried out for each participant. During this evaluation, TIS was evaluated during a copying task involving a 400-word text that the participant was asked to type in 10 min. The 400-word text was drawn from national newspapers. Average word length was 5.3 characters (s.d. = 0.3). The length of the text was deliberately too long to be copied within 10 min. The evaluation was stopped after 10 min.

Measures

TIS (words per minute (w.p.m.)) was calculated as follows: number of characters typed in 10 min divided by 10, including punctuation marks and spaces but not backspace, selection errors or correction times. Results obtained in characters per minute were then divided by 6.3 (the mean number of characters per word in the text+one space) to provide results in w.p.m.

For the speech recognition system, TIS was calculated only on correctly written words (number of characters typed in 10 min divided by 10). Results obtained in characters per minute were divided by 6.3 to provide results in word per minute.

Assessment of participant characteristics. For able-bodied participants, gender, age, level of education, frequency of use of word processing software (regularly: > twice per week; occasionally: ≤ twice per week) and years of computer use were evaluated using a questionnaire.

For people with cervical SCI, the same characteristics were noted. In addition, injury level, time since lesion, type of computer access device and duration of use of the device were also recorded.

Data analysis

The data did not follow a normal distribution (Shapiro–Wilk test) ($P=0.04$). Comparison of able-bodied participants and participants with cervical SCI: descriptive statistics, median and interquartile range (IQR) were used to describe continuous variables, and frequencies were used for categorical variables. A Wilcoxon's test was carried out to analyze differences in age and education level and a χ^2 test was used to analyze differences in gender between participants with cervical SCI and able-bodied participants. A Wilcoxon's paired signed-rank test was used to analyze differences in TIS between participants with cervical SCI and able-bodied participants.

Analysis of the characteristics of participants with cervical SCI. The relationship between participant characteristics, computer access device and TIS was analyzed using a Scheirer–Ray–Hare test with the level of lesion as the first factor and, respectively, age, gender, laterality, level of education, time since SCI, duration of use of computer, word processing system used, type of computer access device and the duration of use of access device as the second factors.

Comparison of high and low tetraplegia. Differences in the frequency of use of word processing software between participants with high-level tetraplegia and those with low-level tetraplegia were analyzed using a χ^2 test. Differences in TIS between participants with high-level tetraplegia and those with low-level tetraplegia were analyzed using a Wilcoxon's unpaired signed-rank test.

All data were analyzed using the R Project for Statistical Computing, R (version 3.0.2) software (The R Foundation, Vienna, Austria). The level of significance was fixed at $P<0.05$.

RESULTS

Participants

Table 2 shows the general demographic description of the participants with cervical SCI and the able-bodied participants.

Thirty-five participants with cervical SCI were enrolled in this study. In addition, 21 able-bodied people were recruited. There were no significant differences between groups for age ($P=0.44$), gender ($P=0.93$) or years of education ($P=0.08$).

Seventeen participants with cervical SCI had a high level of lesion (C4 and C5 Asia A or B) (high tetraplegia group) and 18 participants had lesions between C6 and C8 Asia A or B (low tetraplegia group). In the high tetraplegia group, 10 participants used word processing programs regularly (>twice per week) and 7 did not (\leq twice per

week). In the low tetraplegia group, 6 participants used word processing programs regularly and 12 did not (Table 3) ($P=0.002$).

Table 3 shows the gender and number of years of education for each participant with cervical SCI and the devices they used.

Table 2 Demographic description of participants

	Number	Median (IQR)
<i>People with cervical SCI</i>		
Gender		
Male	28	
Female	7	
Age		36 (32; 46)
Education years		14 (14; 17)
Tetraplegia level		
High	17	
Low	18	
Time since SCI (years)		4 (2; 11)
Years of computer use		16 (10; 26)
Duration of use of the access device (years)		6 (1.5; 12)
<i>Able-bodied people</i>		
Gender		
Male	17	
Female	4	
Age		31 (29; 41)
Education years		14 (12;15)

Abbreviations: IQR, interquartile range; SCI, spinal cord injury.

Text input speed

Median TIS was 9 (6; 14) w.p.m. for participants with cervical SCI and 19 (14; 24) w.p.m. for able-bodied participants ($P=0.001$).

In the high tetraplegia group, median TIS was 12 (4; 13) w.p.m. In the low tetraplegia group, median TIS was 10 (9; 18) w.p.m. ($P=0.38$).

Influence of participant characteristics on TIS

Table 4 shows the TIS of participants with cervical SCI as a function of their characteristics.

For participants with cervical SCI, the Scheirer–Ray–Hare test showed (i) no significant effect on TIS by any characteristic (age ($P=0.76$), gender ($P=0.47$), laterality ($P=0.35$), education ($P=0.06$), time since SCI ($P=0.92$), duration of computer use ($P=0.74$), word processing use ($P=0.39$) and duration of use of access device($P=0.90$)); (ii) no significant effect of the level of lesion; and (iii) no significant interaction between any characteristic and the level of lesion.

Influence of computer access device on TIS

Table 5 shows the TIS of participants with cervical SCI as a function of tetraplegia level and computer access device.

For participants with cervical SCI, The Scheirer–Ray–Hare test showed an effect of computer access device ($P<0.001$), no effect of

Table 3 Tetraplegia level, computer access devices and frequency of use of word processing software by participants with cervical SCI

Number of participants	Gender	Tetraplegia level	Education years	Devices	Frequency of use of word processing
2	M	High	17	Speech recognition system	Regular
2	M	High	17	On-screen keyboard and head pointing	Regular
1	M	High	17	Standard keyboard and mouthstick	Regular
1	M	High	12	Speech recognition system	Regular
1	M	High	14	Speech recognition system	Occasional
2	M	High	14	On-screen keyboard and head pointing	Occasional
1	M	High	12	On-screen keyboard and head pointing	Regular
1	F	High	17	On-screen keyboard and head pointing	Regular
1	M	High	12	Standard keyboard	Occasional
1	M	High	14	Standard keyboard	Occasional
1	M	High	15	Standard keyboard	Occasional
1	M	High	17	Standard keyboard	Occasional
1	F	High	17	Standard keyboard	Regular
1	M	High	12	Standard keyboard	Regular
1	F	Low	15	Speech recognition system	Occasional
4	M	Low	14	Standard keyboard	Occasional
1	F	Low	17	Standard keyboard	Occasional
1	M	Low	17	Standard keyboard	Regular
1	F	Low	14	Standard keyboard	Regular
1	M	Low	14	Standard keyboard	Regular
2	M	Low	15	Standard keyboard	Regular
2	F	Low	15	Standard keyboard	Occasional
1	M	Low	19	Standard keyboard	Occasional
3	M	Low	12	Standard keyboard	Occasional
1	M	Low	12	Standard keyboard	Regular

Abbreviations: F, female; M, male; SCI, spinal cord injury.
Regularly (>twice per week) and occasionally (\leq twice per week).

Table 4 TIS with participants with cervical SCI (w.p.m.)

Participants with cervical SCI	TIS (w.p.m.), median (IQR)
<i>Gender</i>	
M	9 (6; 10)
F	15 (10; 17)
<i>Age (years)</i>	
18–40	9 (5; 16)
40–60	9 (7; 13)
<i>Tetraplegia level</i>	
High	12 (4; 13)
Low	10 (9; 18)
<i>Education (years)</i>	
≤12	8 (6; 9)
≥13–<15	7 (5; 7)
≥15	10 (10; 15)
<i>Frequency of word processing program use</i>	
Occasionally	8 (6; 13)
Regularly	10 (6; 15)
<i>Devices</i>	
Speech recognition software	18 (17; 21)
On-screen keyboard	3 (3; 4)
Standard keyboard	8 (7; 10)

Abbreviations: IQR, interquartile range; TIS, text input speed; w.p.m., words per minute. Regularly (>twice per week) and occasionally (≤twice per week).

Table 5 TIS as a function of tetraplegia level and device used

Tetraplegia level (AIS A or B)	Number of persons	Computer access device	TIS (w.p.m.), median (IQR)
C4	2	On-screen keyboard	3.4 (3.3; 3.5)
C4	1	Standard keyboard (mouthstick)	10
C4	2	Speech recognition software	16 (14; 18)
C5	4	On-screen keyboard	3 (2; 7)
C5	6	Standard keyboard	10 (9; 10.3)
C5	2	Speech recognition software	22.5 (21; 24)
C6	9	Standard keyboard	7.5 (7; 10)
C6	1	Speech recognition software	17
C7	7	Standard keyboard	8 (7.8; 14)
C8	1	Standard keyboard	6

Abbreviations: AIS, ASIA Impairment Scale; IQR, interquartile range; TIS, text input speed; w.p.m., words per minute.

the level of lesion ($P=0.41$) and no interactions between computer access device and the level of lesion ($P=0.83$).

DISCUSSION

The aims of this study were to evaluate TIS in a sample of persons with tetraplegia, and to study the influence of personal characteristics and the type of computer access device on TIS.

This study is the first to provide data regarding TIS in persons with cervical SCI. Moreover, the sample included is the largest in the literature for this type of study. The results showed that TIS was significantly lower for participants with cervical SCI compared with

that for able-bodied participants. This is in accordance with results in the literature from studies of persons with a variety of pathologies.⁹

Surprisingly, there was no influence of the characteristics of participants with cervical SCI on TIS. We had hypothesized that characteristics such as education level, duration of computer use and word processing use would influence TIS. In the literature, no studies have evaluated the effect of these characteristics on TIS. The closest-related study evaluated visuospatial tasks and showed that men performed them better than women.¹⁴ Another study showed that people with SCI who have a higher level of education use Internet more.¹⁶ It is possible that a high level of education is related to greater computer use and facilitates the use of Internet. The results of this study, however, suggest that these characteristics do not influence TIS.

The type of computer access device was, however, found to affect TIS, confirming results in the literature.^{5,7} This is likely to be related to the fact that the different types of device are designed for use by persons with different levels of motor ability. For example, the voice recognition system, which is mostly used by persons with high levels of tetraplegia, is actually associated with a higher TIS compared with a virtual keyboard used by persons with lower levels of tetraplegia.

Surprisingly, the results showed that there was no correlation between TIS and lesion level. The most likely explanation is that speech recognition software, used by several participants with high tetraplegia, compensates well for motor difficulties related to the level of injury, leading to a higher TIS. The TIS of participants who used voice recognition software was close to that of able-bodied participants. This would suggest that voice recognition software may be the solution of choice for people with cervical SCI, particularly those with high tetraplegia. However, this result must be interpreted with caution. Participants sat in a quiet room to carry out the evaluation. This situation does not always correspond to real life. For example, in a noisy home environment (with music, television and other people), the use of such software may be compromised. Moreover, voice recognition software requires a high investment in terms of learning time.¹⁷ After 10 min of voice recording, it is necessary to learn the most appropriate manner in which to dictate to the software. For example, based on our clinical experience, it is preferable to formulate the sentence mentally before saying it aloud. Similarly, it is necessary to learn command words to correct errors and to navigate within the text. In our experience, this learning period can take from several hours to several days depending on the person. If persons are left to learn alone, they may become discouraged. Indeed, in an unpublished study carried out by our team in 22 participants with cervical SCI, voice recognition software was abandoned by 27% of users in the first 6 months. In all cases, participants with cervical SCI who abandoned the use of voice recognition software also had another computer access device. Furthermore, we found that the dropout rate for speech recognition software was halved if participants received training. Lack of training and support from health-related professionals is the most cited reason for abandoning this device. Another hypothesis is that people prefer devices that are more adapted for internet use.

Interestingly, the participant with the highest TIS had a C4 A/B SCI. He used a standard keyboard and a mouthstick to input text. This suggests that it may be easier to input text using head movements when the neck muscles are intact, compared with the use of the upper limbs when several upper limb muscles are nonfunctional as in C6, C7 or C8 A/B SCI. The impaired control of the upper limbs may lead to text input errors and a low TIS. However, it is difficult to conclude regarding this point, as the sample only included one participant with high tetraplegia who used this method.

Limitations

The results of this study should be interpreted with caution because of the small number of participants in each subgroup with cervical SCI. To avoid even smaller subgroups, we chose not to allow the use of word prediction software during the assessments. Word prediction software can be used with both on-screen and standard keyboards. It is not a computer access device, but it is designed to optimize TIS. However, it may be interesting to study the influence of such software on TIS in future studies. The regular use of word processing by some participants could have increased their text input ability and therefore influenced their TIS. Further studies are necessary to assess the influence of this specific point. However, it must be noted that this study included the largest sample of patients with cervical tetraplegia in the literature.

Supplement material area

The data did not follow a normal distribution, and we therefore used the Scheirer–Ray–Hare test (nonparametric equivalent of the two-way analysis of variance). However, our data were close to a normal distribution and analysis of variance are known to be ‘robust’ to violations of the normality assumption. Therefore, sample data might deviate considerably from normality but the test will still yield an appropriate conclusion regarding the null hypothesis^{18,19}. Therefore, the results of the present experiment were verified using a two-way analysis of variance with the level of lesion as the independent factor and age, gender, laterality, level of education, time since SCI, duration of computer use, word processing system used, computer access device used and the duration of use of the access device as dependent factors. The results of this complementary analysis yielded the same results as the Scheirer–Ray–Hare test. We are thus confident that our results are robust.

CONCLUSION

This is the first study to determine TIS in participants with cervical SCI and to evaluate the effect of participant characteristics on TIS. Our results showed that no characteristics influenced TIS, not even the level of lesion. However, the type of computer access device did influence TIS. TIS was highest for participants who used speech recognition systems; however, this device has some drawbacks. We propose that prescription of this device should be more widespread; however, users should be given appropriate training to gain the benefits of the system. It may be useful to advise patients to use several types of access devices depending on their computer needs. It is important to spend time to choose the most appropriate device for each individual to improve TIS, as the results of this study showed that the type of device influenced TIS. Equally, future studies of TIS should take the type of access device into account, rather than the level of the lesion.

The results of this study provide reference data of TIS for patients with cervical SCI, which can be used as a base for further studies on computer use in people with cervical SCI, such as the evaluation of rehabilitation methods.

DATA ARCHIVING

There were no data to deposit.

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

ACKNOWLEDGEMENTS

We sincerely thank all those who participated in this study. This research is supported by the Paul Bennetot Fondation (Matmut Group Foundation).

- 1 Folan A, Barclay L, Cooper C, Robinson M. Exploring the experience of clients with tetraplegia utilizing assistive technology for computer access. *Disabil Rehabil Assist Technol* 2015; **10**: 46–52.
- 2 Laffont I, Biard N, Bouteille J, Pouplin S, Guillon B, Bernuz B *et al*. Tétraplégie: solutions technologiques de compensation des incapacités découlant de l'atteinte des membres supérieurs. *La Lett Méd Phys Réadapt* 2008; **24**: 113–121.
- 3 Guttman L. Spinal Cord Injuries, Comprehensive Management and Research, 1st ed. Blackwell Science: Oxford, UK, 1973.
- 4 Betke M, Gips J, Fleming P. The camera mouse: visual tracking of body features to provide computer access for people with severe disabilities. *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng* 2002; **10**: 1–10.
- 5 Dalton JR, Peterson CQ. The use of voice recognition as a control interface for word processing. *Occup Ther Heal care* 1997; **11**: 75–81.
- 6 Koester HH, Levine SP. Effect of a word prediction feature on user performance. *Augment Altern Commun* 1996; **12**: 155–168.
- 7 Lau C, Leary SO. Comparison of computer interface devices for persons with severe physical disabilities. *Am J Occup Ther* 1993; **47**: 1022–1030.
- 8 Devries RC, Deitz J, Mailing W. A comparison of two computer access systems for functional text entry. *Am J Occup Ther* 1998; **52**: 656–665.
- 9 Le Pévédic B. Prédiction Morphosyntaxique Évolutive HandiAS. Thesis, Nantes, France, 1997.
- 10 Pouplin S, Robertson J, Antoine J, Blanchet A, Kahloun JL, Engineer D *et al*. Effect of dynamic keyboard and word-prediction systems on text input speed in persons with functional tetraplegia. *J Rehabil Res Dev* 2014; **51**: 467–480.
- 11 Kim D, Lee B, Lim SE, Kim D, Hwang S, Il, Yim Y *et al*. The selection of the appropriate computer interface device for patients with high cervical cord injury. *Ann Rehabil Med* 2013; **37**: 443–448.
- 12 Koester HH, Lopresti E, Simpson RC. Toward automatic adjustment of keyboard settings for people with physical impairments. *Disabil Rehabil Assist Technol* 2007; **2**: 261–274.
- 13 Stronge AJ, Rogers WA, Fisk AD. Web-based information search and retrieval: effects of strategy use and age on search success. *Hum Factors* 2006; **48**: 434–446.
- 14 Cherney I. Sex differences in effects of testing medium and response format on a visuospatial task. *Percept Mot Skills* 2010; **110**: 809–824.
- 15 Wobbrock JO, Myers BA, Hall MG. *In-Stroke Word Completion*. Human–Computer Interact Institute: Montreux, Switzerland, 2006.
- 16 Matter B, Feinberg M, Schomer K, Harniss M, Brown P, Johnson K. Information needs of people with spinal cord injuries. *J Spinal Cord Med* 2009; **32**: 545–554.
- 17 Koester HH. Usage, performance, and satisfaction outcomes for experienced users of automatic speech recognition. *J Rehabil Res Dev* 2004; **41**: 739.
- 18 De Carlo L. On the meaning and use of kurtosis. *Psychol Methods* 1997; **2**: 292–307.
- 19 West S, Finch JF, Curran PJ. Structural equation models with non-normal variables: problems and remedies. In: Hoyle RH (ed). *Structural Equation Modeling: Concepts, Issues and Applications*. SAGE Publications Inc: Thousand Oaks, CA, USA, 1995.
- 20 Mackenzie IS. SAK: scanning ambiguous keyboard for efficient one-key text entry. *ACM Trans Comput Interact* 2010; **17**: 1–39.
- 21 Mankowski R, Simpson RC, Koester HH. Validating a model of row–column scanning. *Disabil Rehabil Assist Technol* 2013; **8**: 321–329.
- 22 Garrett JT. Using speech recognition software to increase writing fluency for individuals with physical disabilities. *J Special Educ Technol* 2011; **26**: 25.



ORIGINAL ARTICLES

Recommendations and settings of word prediction software by health-related professionals for patients with spinal cord injury: a prospective observational study

Samuel POUPLIN¹⁻⁴, Nicolas ROCHE³⁻⁵, Caroline HUGERON², Isabelle VAUGIER⁴, Djamel BENSMAIL¹⁻⁴

¹New Technologies Plate-Form, AP-HP Raymond Poincaré Teaching Hospital, Garches, France; ²Physical Medicine and Rehabilitation Department, AP-HP Raymond Poincaré Teaching Hospital, Garches, France; ³EA 4497, GRCTH University of Versailles St-Quentin-en-Yvelines, France; ⁴Clinical Innovations Center 1429, AP-HP Raymond Poincaré Teaching Hospital, Garches, France; ⁵Physiology – Functional Testing Ward, AP-HP Raymond Poincaré Teaching Hospital, Garches, France

*Corresponding author: Samuel Pouplin, Plate-Forme Nouvelles Technologies, Service de Médecine Physique et Réadaptation, Hôpital R. Poincaré, 104 boulevard R. Poincaré, 92380 Garches, France. E-mail: samuel.pouplin@rpc.aphp.fr; pouplinsamuel@gmail.com

ABSTRACT

BACKGROUND: For people with cervical spinal cord injury (SCI), access to computers can be difficult, thus several devices have been developed to facilitate their use. However, text input speed remains very slow compared to users who do not have a disability, even with these devices. Several methods have been developed to increase text input speed, such as word prediction software (WPS). Health-related professionals (HRP) often recommend this type of software to people with cervical SCI. WPS can be customized using different settings. It is likely that the settings used will influence the effectiveness of the software on text input speed. However, there is currently a lack of literature regarding professional practices for the setting of WPS as well as the impact for users.

AIM: To analyze word prediction software settings used by HRP for people with cervical SCI.

DESIGN: Prospective observational study.

SETTING: Garches, France; health-related professionals who recommend Word Prediction Software.

METHODS: A questionnaire was submitted to HRP who advise tetraplegic people regarding the use of communication devices.

RESULTS: A total of 93 professionals responded to the survey. The most frequently recommended software was Skippy, a commercially available software. HRP rated the importance of the possibility to customise the settings as high. Moreover, they rated some settings as more important than others ($P < 0.001$). However, except for the number of words displayed, each setting was configured by less than 50% of HRP. The results showed that there was a difference between the perception of the importance of some settings and data in the literature regarding the optimization of settings. Moreover, although some parameters were considered as very important, they were rarely specifically configured. Confidence in default settings and lack of information regarding optimal settings seem to be the main reasons for this discordance. This could also explain the disparate results of studies which evaluated the impact of WPS on text input speed in people with cervical SCI.

CONCLUSION: The results showed that there was a difference between the perception of the importance of some settings and data in the literature regarding the optimization of settings. Moreover, although some parameters were considered as very important, they were rarely specifically configured. Confidence in default settings and lack of information regarding optimal settings seem to be the main reasons for this discordance. This could also explain the disparate results of studies which evaluated the impact of WPS on text input speed in people with cervical SCI.

CLINICAL REHABILITATION IMPACT: Professionals tend to have confidence in default settings, despite the fact they are not always appropriate for users. It thus seems essential to develop information networks and training to disseminate the results of studies and in consequence possibly improve communication for people with cervical SCI who use such devices.

(Cite this article as: Pouplin S, Roche N, Hugeron C, Vaugier I, Bensmail D. Recommendations and settings of word prediction software by health-related professionals for patients with spinal cord injury: a prospective observational study. Eur J Phys Rehabil Med 2016;52:48-56)

Key words: Health personnel - Spinal cord injury - Computer applications software - Health planning guidelines.

A French research organization showed that computers are an important part of daily life in the general population for both work and leisure.¹ For people with cervical spinal cord injury (SCI),^{2,3} access to computers can be difficult, thus several devices have been developed to facilitate their use. However, text input speed remains very slow even with these devices, compared to users who do not have a disability.⁴ A low text input speed may place these already disabled people at a disadvantage in school or training, and may make them poorly efficient in a work setting.

Several methods have been developed to increase text input speed^{3, 5-9} such as speech recognition systems or word prediction software. These software applications are often prescribed by health-related professionals and are complementary. Indeed, in a noisy home environment, the use of speech recognition system may be compromised. Use of word prediction software may thus be a solution, combined with an onscreen. Word prediction software functions by suggesting the next word while the first word is still being typed. The user can then simply select the word without having to type each letter, thus reducing the number of keystrokes required and increasing text input speed. Such word prediction software can be customized using different settings. It is possible to change: 1) the number of words displayed; 2) the layout and location of the word list, and 3) the number of letters typed before the system displays a predicted word (number of triggering letters). It is also frequently possible to activate automatic learning of new words, and a faster presentation of the words most frequently used (frequency of use).

Health-related professionals are most of the time the persons who recommend these assistive device to people with cervical SCI. However, there is currently a lack of literature regarding professional practices for the setting of word prediction software. Only a few parameters that might influence text input speed have been studied, such as the number of words displayed and the location of the word prediction list. One study showed that keystroke savings were significantly related to the number of words displayed.¹⁰ However, the selection time increases with the number of words in the list, cancelling out the benefit provided by keystroke savings if the list is too long. A simulation study showed that each additional word displayed in the prediction list increases search time by 150 milliseconds.¹¹ According to these

results, the best compromise between keystroke savings and cognitive load caused by a long list thus appears to be 5 or 6 words.¹¹ Similarly, a study of the location of the word prediction list showed that word prediction improves the accuracy of text entry when the prediction list was placed in the lower middle border of the screen.¹² In another study, users reported that it was easier to find and select the displayed words if they were presented near the standard keyboard.¹³ Therefore list location seems affect text input speed, however this needs to be better evaluated. The number of triggering letters is related to the user's search strategy (*i.e.* how many letters he/she types before looking at the prediction list). One study showed no effect of search strategy on text input speed,¹⁴ however it seems that the number of triggering letters may affect text input speed, suggesting that software which offers this possibility should be favored.¹¹ Taken together, these results suggest that the settings of word prediction software used by people with cervical SCI to improve text input speed is important. Moreover a better setting allowing the improvement of text input speed for these people, should have an influence for all daily life activities such as work, leisure and/or communication. However, there are currently no real guidelines, consensus or algorithms to determine the optimal settings of word prediction software. In addition, the settings used seem to be health related professionals dependant and the methods used by them are not known.

Actually, The results of studies are disparate, showing a decrease of up to 71% in text input speed with word prediction software in some whereas and an increase of up to 45% in others.¹⁴⁻²⁰ It is commonly accepted that this disparity might be explained by the heterogeneity within the samples of people with cervical SCI studied or the severity of their motor or cognitive impairments. It may, however, also be hypothesised with regards to the results previously mentioned that the settings of the word prediction software themselves may influence text input speed, explaining the heterogeneity of the results obtained in people with cervical SCI. In consequence it appears fundamental to better understand current use of word prediction software and settings which are routinely recommended by professionals for people with cervical SCI.

Thus, the aim of this study was to analyze word prediction software settings used by health related professionals for people with cervical SCI. This knowledge

TABLE I.—Description of the questionnaire.

Information category	Method
Demographic characteristics	
Gender	Categorical: men, women
Age	Number of years
Occupation	Open-ended question
Professional experience (years)	Open-ended question
Word prediction software (name and parameters)	
Name of word prediction software	Open-ended question
Location of word prediction list	Categorical: top, bottom, left, right
Number of words displayed in word prediction list	Number
Layout of word prediction list	Categorical: horizontal, vertical
Learning new words	Categorical: yes/no
Number of triggering letters	Open-ended questions
Frequency of word use	Categorical: yes/no
Comments	
‘How’ and ‘why’ were asked for choice of software and for each parameter	Open-ended questions

would increase understanding of the settings frequently used by professionals and thus, based on their experience, help to define parameters which might increase text input speed.

We hypothesized that: 1) all health related professionals would recommend personalized settings of word prediction software for people with cervical SCI based on the settings that they consider as the most important to increase text input speed in this population; 2) that the heterogeneity of the settings considered might explain the heterogeneity of the previous results observed on text input speed in people with cervical SCI.

Materials and method

In this prospective observational study, a questionnaire was submitted to health related professionals who advise people with cervical SCI regarding the use of word prediction software. The study began in July 2012 and ended in October 2012. The questionnaire was posted online and the link was sent to health-profession networks (occupational therapist networks (Yahoo! Groups), association of people with SCI and information and communication technology and disabilities network (Yahoo! Groups and c-rnt.apf.asso.fr website). Two reminders were sent in August 2012 and September 2012. We stopped when no response to the questionnaire has been posted for a month. Data collection was made in November 2012.

The inclusion criteria were: health related professionals working with people with cervical SCI (within their

caseload/client base) and providing advice regarding word prediction software.

The questionnaire diffused online consisted of seven items: name of the word prediction software used, location of the word prediction list on the screen, the number of words displayed, the layout of the prediction window, activation of automatic learning of new words, the number of triggering letters, and activation of the frequency of use. For each item, the health related professionals were asked which software they recommend for people with cervical SCI (open question), whether they configured each of the settings (closed question) and how and why (open question). Health related professionals were also asked to rate the importance they attributed to the possibility to adjust each setting from 1 to 10, where 1 indicated low importance and 10 high importance. The items of the questionnaire are specified in Table I. Health related professionals were also asked to state their age, gender, occupation and professional experience (years).

Statistical analysis

Descriptive statistics (the median and interquartile range (IQR) were used for analyze the importance score given to each setting by the health related professionals; the mean and standard deviation (SD) were used for analyze other continuous variables and frequencies for categorical variables.

To analyze differences between the importance given to each setting by the health related professionals, a Friedman test was used followed by pairwise com-

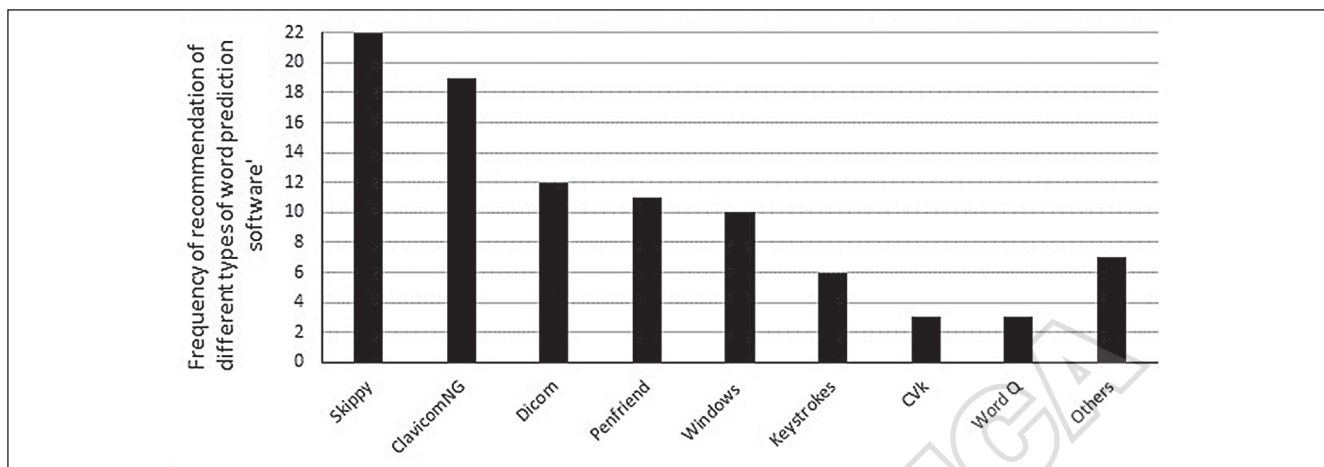


Figure 1.—Frequency of each word prediction software recommended.

parisons (Wilcoxon test) since the data did not follow a normal distribution (Shapiro-Wilk-test).

To analyze differences in the level of importance attributed to each setting between participants who configured their software and those who did not, a Wilcoxon test was carried.

To analyze differences in the level of importance attributed to each setting between participants who commented their choice and those who did not, a Wilcoxon test was used.

A χ^2 test was used to analyze differences in the choice of different settings (layout and location list, number of triggering letters) and in the configuration of the different settings between participants who commented their choice and those who did not.

Data were analyzed using STATISTICA-10 software-StatSoft. Inc software (Tulsa, USA). The level of significance was fixed at $P < 0.05$.

Results

A total of 93 health related professionals responded to the survey.

Participants

Mean age was 38.9 years (SD 10.5). 61/93 (65.7%) were female. 72/93 (76.7%) were occupational therapists (OT), 8/93 (8.2%) sales people, 5/93 (5.5%) specialized educators, 4/93 (4.1%) specialized Information

Technology sales-people, 2/93 (2.7%) ergonomists, 1/93 (1.4%) health care assistants, and 1/93 (1.4%) speech therapists. Mean professional experience was 14.3 years (SD 10.4).

Frequency of each word prediction software recommended

The most frequently recommended word prediction software was Skippy, a commercially available software, followed closely by ClavicomNG which is freely available. Figure 1 shows the distribution of software recommended. 19/93 (20.4%) professionals provided reasons for their choice: for 15/19 (78.9%), the choice related to the possibility to configure the software and for 10/19 (52.6%), the price was important.

Default software settings

Table II shows the default settings of the main word prediction software. This table highlights some differences between software which could explain the following results.

Importance given to each parameter that can be set by health related professionals

The importance given to the possibility to customise the settings of the word prediction software was high: median 8 IQR [7; 9] (Table III). Some settings were rat-

TABLE II.—*Software settings by default.*

Parameters	Software				
	Skippy	ClavicomNG	Dicom	Penfriend	Windows
Price	Licensed	Free	Free	Licensed	Licensed
List layout	Vertical	Horizontal	Vertical	Vertical	Horizontal
List location	Left	Top	Top	Top	Top
Number of words displayed	7	4	10	10	8
Learning new words	Available	Available	Available	Available	N/A
Number of triggering letters	Activated	N/Activated	Activated	Activated	
	Available	N/A	Available	N/A	N/A
Frequency of use	Not activated		Not activated		
	Available	Available	N/A	Available	Available
	Activated	Not activated		Activated	Activated

N/A: not available.

TABLE III.—*Importance given to each setting by health-related professionals (median).*

Parameters	Professionals	
	Median	IQR
List layout	8	[7;10]
List location	8	[8;10]
Number of words displayed	8	[7;10]
Learning new words	9	[7;10]
Number of triggering letters	6	[2;10]
Frequency of use	10	[8;10]

Numeric Rating Scale from 1 (low importance) to 10 (high importance).

TABLE IV.—*Importance given to each setting by health-related professionals (Wilcoxon test).*

	List layout	List location	Number of words displayed	Learning new words	Number of triggering letters	Frequency of use
List layout	N/A	P<0.001†	P=0.99	P<0.001†	P<0.001†	P<0.001†
List Location	P<0.001†	N/A	P=0.07	P=0.001†	P<0.001†	P<0.001†
Number of words displayed	P=0.99	P=0.07	N/A	P=0.002†	P<0.001†	P<0.001†
Learning new words	P=0.001†	P=0.001†	P=0.002†	N/A	P<0.001†	P=0.05†
Number of triggering letters	P<0.001†	P<0.001†	P<0.001†	P<0.001†	N/A	P<0.001†
Frequency of use	P<0.001†	P<0.001†	P<0.001†	P<0.001†	P<0.001†	N/A

†Significant difference. N/A: not available.

ed as more important than others ($P<0.001$) (Friedman test). The pairwise comparisons using the Wilcoxon test showed that learning new words and the frequency of word use were significantly more important ($P<0.001$) and the number of triggering letters were significantly less important ($P<0.001$) than others parameters (Table IV). In addition, 19/93 (20.4%) professionals commented that they felt it was important to be able to adapt software to the abilities of people with SCI.

There were no significant differences for the importance of each parameter studied between professionals who commented that it was very important to configure some

parameters and those who did not, except for the number of words displayed ($p=0.008$) and automatic learning of new words ($P=0.002$). In these cases, participants who commented their choice give a higher score. These results should be nevertheless analyzed with caution in regards of the difference of the size of the two groups.

Current configuration of settings by health related professionals

Except for the number of words displayed (customized by about 50% of health related profession-

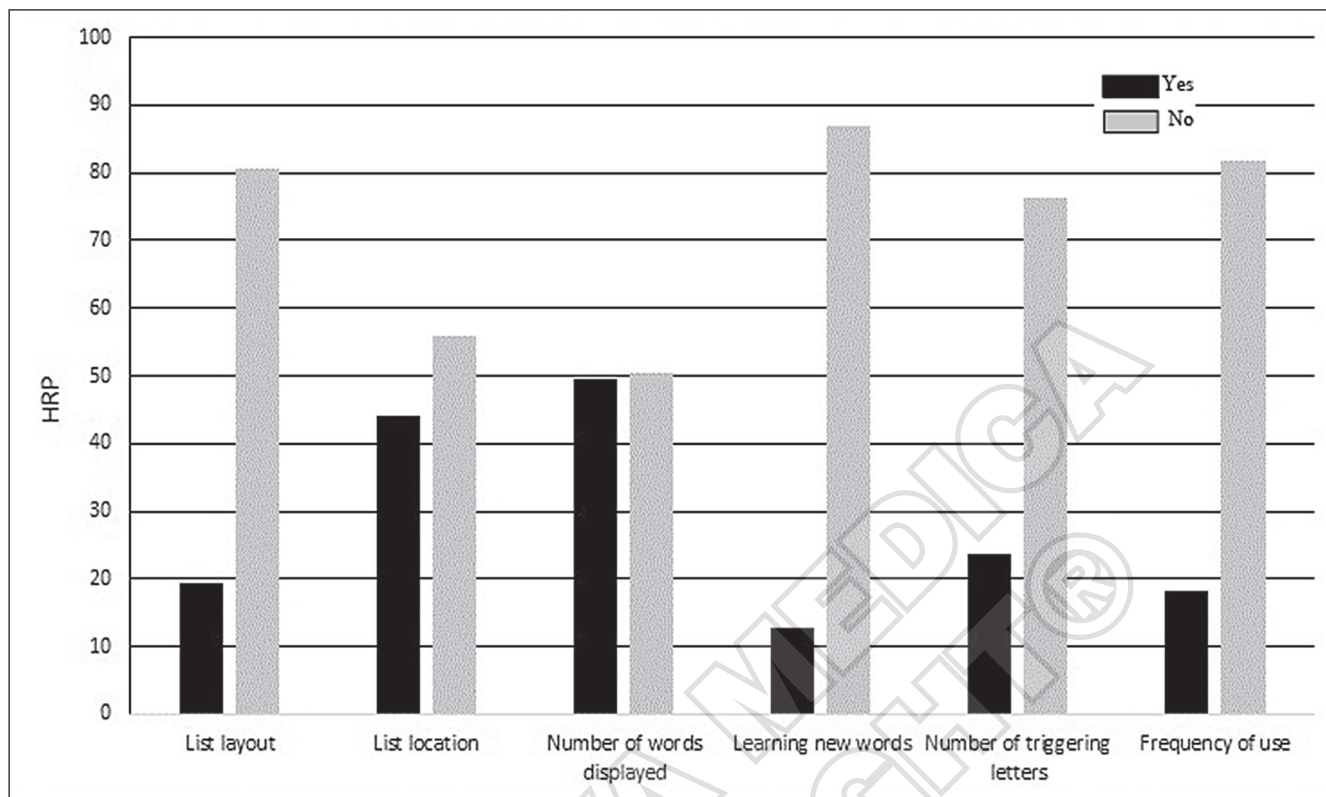


Figure 2.—Percentage of health-related professionals who customised each setting (N.=93).

als), each setting was configured by less than 50% (Figure 2).

Regarding the list layout, there was no difference between preferences for a horizontal (47/93; 50.5%) or vertical layout (46/93; 49.5%) of the word list ($P=0.88$).

Regarding the location of the word prediction list, locations at the top of the screen or above the onscreen keyboard were slightly more popular, although this was not significant (34/93; 36.5%) ($P=0.44$).

Regarding the number of triggering letters, 23/93 (24.7%) professionals activated this parameter ($P=0.03$).

The number of words displayed was the most frequently configured setting. If it was not configured, the display contained a mean 8.29 (SD 2.46) words depending on the default setting of the software used. When configured, health related professionals set an average of 5.83 words (SD 1.13). Therefore, professionals tended to reduce the number of displayed words compared with the default setting (8.29 ± 2.46 vs. 5.83 ± 1.13 ; $P < 0.001$).

As shown in Table V, there were no significant differ-

ences for each parameter studied between professionals who commented that it was important to configure some parameters and those who did not, except for the number of triggering letters. Health related professionals who configured this setting gave a higher score. It is interesting to note that the comparison between the two groups of professionals seemed not to show any significant differences for the number of words displayed although this specific parameter was the most frequently set.

There were no significant differences in the configuration of different settings between participants who commented that configuration and adaptation of software were important and those who did not. However, these results should be nevertheless analyzed with caution in regards of the difference of the size of the two groups.

Comments (20/93) regarding not configuring the settings were lack of time and information (18/20), and confidence in the default settings (10/20).

TABLE V.—Differences in the importance score for each setting between participants who configured the word prediction software and those who did not (P value by Wilcoxon test).

Parameters	Health-related professionals				P value
	Configure		Not configure		
	N.	Rate median [IQT]	Number	Rate median [IQT]	
List layout	18	8 [8;10]	75	8 [7;10]	P=0.32
List location	41	8 [8;10]	52	8 [7;10]	P=0.8
Number of words displayed	46	8 [7;10]	47	8 [7;9]	P=0.22
Learning new words	12	8 [7;9]	81	9 [7;10]	P=0.21
Number of triggering letters	22	7[6;10]	71	6 [4;7]	P=0.005
Frequency of use	17	10 [8;10]	76	10 [8;10]	P=0.52

IQT: Inter Quartile Range

Discussion

The aim of this study was to analyse health related professionals' recommendations and settings for word prediction software for people with cervical SCI in France. The results of this study do not confirm our hypothesis, showing that HRP considered that the possibility to configure the settings of the word prediction software was important, however, few professionals actually configured the settings, even if it was possible. If these results obtained in France are transposable to practices in other countries over the world, they partially confirm our initial hypothesis that the setting of word prediction software may be a cause of heterogeneity of the results of studies of text input speed in people with cervical SCI.

Types of commonly used software

The most common software used by professionals was, in order of use, Skippy, ClavicomNG, Dicom, Penfriend and Windows onscreen keyboard. Skippy and Penfriend are among the most widely used commercially available software because they can be easily imported by French distributors. They can also be highly configured, a criterion shown in this study to be considered as important by professionals. Dicom and ClavicomNG are free and available as open-source software. The fact that they have been developed by a non-profit French organization, and that several settings can be configured are probably the reasons for their success. However, their customizability remains lower than for commercially available software. Nevertheless, it is interesting to note that commercial software are generally preferred over

free software even if the results indicated that all the options of customization were rarely used in practice.

Importance given to the configuration of settings and settings used

Data in the literature showed that several characteristics of word prediction software affect its effectiveness. However, the results of the present study showed that there was a difference between the perception of the importance of some settings by health related professionals and data in the literature.

One setting which was frequently configured was the number of words in the display. According to Koester, the optimal number of words is 5.¹¹ However, the default settings of word prediction software do not always follow the conclusions of studies and tend to display a large number of words. When settings were configured, professionals tended to reduce the number of words displayed, consistent with data in the literature.¹¹ However, surprisingly, this parameter did not receive the highest rating, except for the health related professionals who commented that adaptation of the software is important. Regarding the heterogeneity of the number of words displayed by default (between 4 and 10), it should be noted that this is the most visible setting to configure in order to optimize word prediction according to results in the literature. This may explain why this parameter was often configured. If this is indeed the case, the developers of word prediction systems may also play an important role in facilitating the customization of settings by optimizing the human interface in these configuration tools. Once again, these results also indicate that although the default word prediction software are not in accordance

with the clinical practice, this parameter is currently set to about 6 words by professionals and therefore does not seem to interfere with the heterogeneity results of the different studies on text input speed using word prediction software in people with cervical SCI.

The location of the predicted word list was considered less important and was set to the top of the screen or above the onscreen keyboard about 50% of the time. However, Tam and Wells found that users have a higher self-perceived performance and satisfaction when the word prediction list is located near a physical keyboard.¹³ It is possible that health-related professionals are unaware of the results of such studies, despite having access to structured information networks (social network, forums, direct information from companies, training etc.). We thus suggest that this type of information should be more largely diffused.

It is surprising to note that learning new words and frequency of use were considered as very important by health related professionals but were rarely specifically configured. One reason that could explain these contradictions is because these parameters are activated by default in some software (Skippy, for example) therefore, professionals do not need to configure them specifically. It must be kept in mind that in other software, such as ClavicomNG, these settings are not activated by default but the health-related professionals did not activate them. It is possible that they believed that this parameter was already activated. This highlights that health-related professionals need to be better informed regarding the default settings of each software application.

Taken together these last two results might suggest that these parameters play a role in the heterogeneity of the results of the different studies on text input speed using word prediction software in people with cervical SCI. One way to obtain more homogenous results in this population would be to standardize the settings used for these two parameters in clinical studies performed in people with cervical SCI.

With regard to the discordance between the importance given to the setting of parameters by health-related professionals and actual clinical practice, it could be hypothesized that professionals consider that, whatever the software used, the default configuration is the best. This could also explain the heterogeneity of the different results on text input speed using word prediction software in people with cervical SCI.

It therefore seems surprising that, although customizing software is likely to be important in order to adapt it to each user as some professionals pointed out, few parameters are actually configured and the default configuration tends to be relied on. Nevertheless, it is possible that word prediction users configure the settings themselves at a later stage, depending on their requirements.

In all cases, it is interesting to note that 20% of professionals feel insufficiently trained and that they do not have enough time to configure software.

Rehabilitation professionals are often in the first line to advise patients with cervical SCI regarding communication devices and complementary software such as word prediction. If professionals do not configure word prediction software optimally for each user, this is likely to affect text input speed and the user's adhesion of such systems. The results of the present study should help to guide future studies in the evaluation of the effect of word prediction software parameters on text input speed.

Studies are therefore required to evaluate the influence of word prediction software parameters on text input speed. Results should then be disseminated to the greatest number of professionals, for example via professional associations, and they should receive training regarding appropriate software settings for people with cervical SCI. Increasing knowledge of health-related professionals regarding optimal settings for word prediction software may reduce the heterogeneity of the results of studies of text input speed in future clinical studies.

Limitations of this study

This pilot study provided a picture of practices relating to word prediction software by health related professionals in France. However, the uncontrolled heterogeneity of health related professionals (for example, their level of expertise in this domain) could cause a bias in the responses relating to the importance given to specific settings and the settings actually configured. Similarly, the closed questions included in the questionnaire may have prevented some interesting responses about practices from emerging (for example, the questionnaire only related to the health related professionals' preferred

software). Finally, the difference of the size of the two groups of professionals suggests that the professionals who commented that it was very important to configure some parameters and those who did not could cause a bias in the interpretation of the results. Moreover, the questionnaire was posted on line and the link was sent to health-profession networks. It is difficult to have an idea of the representativeness of those who answered. However, in New Technologies Plate-Form of our hospital, we advise and help people with cervical cord injury but also health-related professionals who advice word prediction software. The distribution of health-related professionals we meet in clinical practice seems in accordance with the distribution of the data that we collected with the questionnaires.

Conclusion

This is the first study to evaluate health-related professionals' recommendations and settings of word prediction software for people with cervical SCI. Discordance was found between the importance given to word prediction settings and the actual configuration of settings by health-related professionals. Similarly, there was a discrepancy between results in the literature and settings used by professionals. Confidence in default settings and lack of information might be the main reasons. However, default settings are not always optimal to increase text input speed. The number of words displayed on the predicted word list, the "learning new words" and frequency of use" parameters appear to be important criteria to explore in order to understand their influence on text input speed. Specific studies on the parameters that may be at the origin of the heterogeneity of results along with a better dissemination of these results could allow homogenization of the results of future studies on the impact of word prediction software in people with cervical SCI as well as in other populations.

References

1. Bigot P, Crouette E. La diffusion des technologies de l'information et de la communication dans la société. Rapp. réalisé à la demande du

- Cons. Général des Technol. l'Information (Ministère l'Economie, des Financ. l'Emploi) l'Autorité Régulation des Commun. Electron. des Postes. [Internet]. Paris: Centre de Recherche pour l'Etude et l'Observation des Conditions de Vie, 2014, 220 p. Available from: <http://www.credoc.fr/pdf/Rapp/R317.pdf>
2. LoPresti EF, Brienza DM. Adaptive software for head-operated computer controls. *IEEE Trans. Neural Syst Rehabil Eng* 2004;12:102-11.
3. Devries RC, Deitz J, Mailing W. A comparison of two computer access systems for functional text entry. *Am J Occup Ther* 1998;52:656-65.
4. Le Pêvédic B. Prédiction Morphosyntaxique Évolutive HandiAS, Doctoral Thesis, Ecole Doctorale Sciences pour l'Ingénieur, 1997, Nantes.
5. Turpin G, Armstrong J, Frost P, Fine B, Ward CD, Pinnington LL. Evaluation of alternative computer input devices used by people with disabilities. *J Med Eng Technol* 2005;29:119-29.
6. MacKenzie IS, Zhang SX. The design and evaluation of a high-performance soft keyboard. *Proceeding of the SIGCHI Conference in Human Factors in Computing Systems*. 1999, New York. p. 25-31.
7. Raynal M, Vigouroux N. Genetic algorithm to generate optimized soft keyboard. *Proceeding of the SIGCHI Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*. 2005, Portland, OR, USA. p. 1729-32.
8. Kushler C. AAC using a reduced keyboard. *Proceeding of the CSUN Conference Technology and Persons with Disabilities*. 1998, California State University, Northridge, CA, USA.
9. Harbusch K, Kühn M. An evaluation an evaluation study of two button scanning with ambiguous keyboards. *Proceedings of Actes 7th Conference for the Advancement of Assistive Technology in Europe*, 2003, Dublin, Ireland.
10. Venkatagiri H. Effect fo window size on rate of communication in a lexical prediction aac system. *Augmentative Alternative Communication* 1994;10:105-12.
11. Koester HH. Model simulations of user performance with word prediction. *Augment Altern Commun* 1998;14:25-35.
12. Tam C. Evaluating the effect of word prediction and location of word prediction list on text entry with children with spina bifida and hydrocephalus, Master of Sciences Thesis, 2001, Department of Rehabilitation Science, University of Toronto, Canada. p. 156.
13. Tam C, Wells D. Evaluating the benefits of displaying word prediction lists on a personal digital assistant at the keyboard level. *Assist Technol* 2009;21:105-14.
14. Koester HH, Levine SP. Effect of a word prediction feature on user performance. *Augment Altern Commun* 1996;12:155-68.
15. Laffont I, Dumas C, Pozzi D, Ruquet M, Tissier AC, Lofaso F, *et al*. Home trials of a speech synthesizer in severe dysarthria: patterns of use, satisfaction and utility of word prediction. *J Rehabil Med* 2007;39:399-404.
16. Vigouroux N, Vella F, Truillet P, Raynal M. Evaluation of AAC for text input by two groups of subjects : able-bodied subjects and disabled Motor Subjects. *Proceeding of the 8th ERCIM Workshop, User Interface For All*, 2004, Wien, Austria.
17. Anson D, Moist P, Przywara M, Wells H, Saylor H, Maxime H. The effects of word completion and word prediction on typing rates using on-screen keyboards. *Assist Technol* 2006;18:146-54.
18. Anson D. The effect of word prediction on typing speed. *Am J Occup Ther* 1993;47:1039-42.
19. Koester HH. Learning and performance in scanning systems with and without word prediction — report on a pilot study. *Proceeding of the RESNA 1992 Annual Conference*, 1992, Toronto, Arlington.
20. Koester, HH. The effect of a user's search strategy on performance with word prediction. *Proceeding of the RESNA 1997 Annual Conference*, 1997, Pittsburg, Arlington.

Acknowledgments.—This research was supported by the Paul Bennetot Foundation (Matmut Group Foundation).

Conflicts of interest.—The authors certify that there is no conflict of interest with any financial organization regarding the material discussed in the manuscript.

Article first publication online: February 5, 2015. - Manuscript accepted: February 2, 2015. - Manuscript received: October 27, 2014.

ORIGINAL RESEARCH

Influence of the Number of Predicted Words on Text Input Speed in Participants With Cervical Spinal Cord Injury



Samuel Pouplin, OT, MSc,^{a,b,c,d} Nicolas Roche, MD, PhD,^{c,d,e} Isabelle Vaugier, MSc,^d Antoine Jacob, OT, MSc,^a Marjorie Figere, MSc,^d Sandra Pottier, MSc,^d Jean-Yves Antoine, PhD,^f Djamel Bensmail, MD, PhD^{a,b,c,d}

From the ^aNew Technologies Plate-Form, and ^bPhysical Medicine and Rehabilitation Department, Public Hospitals of Paris, Raymond Poincaré Teaching Hospital, Garches; ^cInserm Unit 1179, Team 3: Technologies and Innovative Therapies Applied to Neuromuscular Diseases, University of Versailles St-Quentin-en-Yvelines, Versailles; ^dClinical Innovations Center 1429, and ^ePhysiology—Functional Testing Ward, Public Hospitals of Paris, Raymond Poincaré Teaching Hospital, Garches; and ^fUniversity François Rabelais of Tours, Tours, France.

Abstract

Objectives: To determine whether the number of words displayed in the word prediction software (WPS) list affects text input speed (TIS) in people with cervical spinal cord injury (SCI), and whether any influence is dependent on the level of the lesion.

Design: A cross-sectional trial.

Setting: A rehabilitation center.

Participants: Persons with cervical SCI (N=45). Lesion level was high (C4 and C5, American Spinal Injury Association [ASIA] grade A or B) for 15 participants (high-lesion group) and low (between C6 and C8, ASIA grade A or B) for 30 participants (low-lesion group).

Intervention: TIS was evaluated during four 10-minute copying tasks: (1) without WPS (Without); (2) with a display of 3 predicted words (3Words); (3) with a display of 6 predicted words (6Words); and (4) with a display of 8 predicted words (8Words).

Main Outcome Measures: During the 4 copying tasks, TIS was measured objectively (characters per minute, number of errors) and subjectively through subject report (fatigue, perception of speed, cognitive load, satisfaction).

Results: For participants with low-cervical SCI, TIS without WPS was faster than with WPS, regardless of the number of words displayed ($P<.001$). For participants with high-cervical SCI, the use of WPS did not influence TIS ($P=.99$). There was no influence of the number of words displayed in a word prediction list on TIS; however, perception of TIS differed according to lesion level.

Conclusions: For persons with low-cervical SCI, a small number of words should be displayed, or WPS should not be used at all. For persons with high-cervical SCI, a larger number of words displayed increases the comfort of use of WPS.

Archives of Physical Medicine and Rehabilitation 2016;97:259-65

© 2016 by the American Congress of Rehabilitation Medicine

The use of technology is essential for the social and professional integration of persons with cervical spinal cord injury (SCI).¹ Likewise, the emergence of new interfaces such as tablets and smartphones have changed how people communicate and use the Internet.² However, access to Internet and social websites, which is mainly based on text input, can be difficult, especially for persons with high-cervical SCI. A variety of devices (infrared

cameras, onscreen keyboards, etc) have been designed to facilitate computer use, depending on the level of the lesion.³⁻⁹ Despite the use of these devices, text input remains laborious with a mean text input speed (TIS) of 5 words per minute,¹⁰ compared with 15 to 20 words per minute in able-bodied people.¹⁰ Several methods have been developed to increase TIS,^{9,11-15} such as speech recognition systems¹⁶ or word prediction software (WPS). These methods are recommended by health-related professionals¹⁷ to increase TIS. However, in a noisy home environment, the use of a speech recognition system may be compromised. Also, some

Disclosures: none.

people want to keep their privacy when they dictate a text. Thus, WPS may be a solution to compensate for some of the disadvantages of speech recognition software. WPS displays a list of predicted words that correspond to the word currently being typed by the user. If 1 of the predictions is correct, the user selects the corresponding word in the list, thereby avoiding typing each letter of the word (keystroke saving¹⁸). WPS can be customized, for example, by changing the number of words displayed.

Data in the literature are conflicting regarding the influence of WPS on TIS, with some studies showing decreases of up to 71% and others showing increases of up to 45%.¹⁹⁻²⁵ The main reason suggested for these differences is the increase in cognitive load caused by the visual search for words in the prediction list. This suggests that the number of words in the prediction list affects TIS.

A study²⁶ in healthy people showed that keystroke savings are significantly related to the number of words displayed. However, since selection time increases with the number of words in the list, the benefits provided by keystroke savings may be canceled out. A simulation study²⁷ showed that each additional word displayed in the prediction list increases search time by 150 milliseconds. Moreover, there is only a slight increase in keystroke savings between 6 and 11 words. According to these studies, the best compromise between keystroke savings and cognitive load appears to be 5 or 6 words.²⁷ A preliminary study¹⁷ carried out in our group showed that health-related professionals most frequently set 6 words for their patients, similar to data in the literature. However, an unpublished study in our department showed that persons with cervical SCI tended to set a display of 8 words for themselves.

These results suggest that the number of words displayed in the predicted list is important; however, the optimal number has not yet been determined in a large sample of persons with cervical SCI. The aims of this study were therefore to determine whether the number of words in the predicted list influences TIS in a large population of persons with cervical SCI, American Spinal Injury Association [ASIA] grade A or B; and whether this number was influenced by the level of cervical lesion. Based on data in the current literature, we hypothesized that 6 words would be optimal.

Methods

Participants

This prospective cross-sectional study was carried out between October 2013 and March 2014. Persons with cervical SCI followed up in the department of physical medicine and rehabilitation of a teaching hospital were included by a physician and an occupational therapist if they were older than 18 years; had an SCI between C4 and C8, ASIA grade A or B; were computer users; could read and write French; and were not regular user of WPS. They were excluded if they had cognitive, linguistic, or visual impairments. The study was approved by the local ethics

List of abbreviations:

ASIA	American Spinal Injury Association
SCI	spinal cord injury
TIS	text input speed
VAS	visual analog scale
WPS	word prediction software

committee (CPP [Persons Protection Committee] Ile-de-France, Saint Germain en Laye), and all subjects provided written informed consent before participation. Data collection was performed by an occupational therapist and took place in the department of physical medicine and rehabilitation in the teaching hospital in which the patient was recruited.

Participants were included in 1 of 2 distinct groups, depending on their lesion level: (1) a high-lesion group for persons with C4 or C5 tetraplegia, ASIA grade A or B; and (2) a low-lesion group for persons with C6, C7, or C8 tetraplegia, ASIA grade A or B. The distinction between the high-lesion group and the low-lesion group was made because persons with lesions at or below C6 have sufficient wrist extension to use a standard keyboard.²⁸

Materials

To standardize the evaluation conditions, a Dell XPS computer^a equipped with a KeyVit Onscreen Keyboard^b and Skippy WPS^b was used. Skippy was chosen because it has been shown to be the most prescribed and used WPS.¹⁷ Participants who used an onscreen keyboard used their usual pointing devices (head controlled).

The WPS was configured to display the list of words horizontally at the top of the screen, as is most frequent. The number of words (3, 6, and 8) was chosen based on results from our previous study¹⁷ on the use of WPS and data in the literature. Two parameters were not activated: automatic learning of new words and a faster presentation of the words most frequently used (frequency of use). Most persons with cervical SCI have been shown to use commercial WPS without such advanced settings.¹⁷ Words were thus displayed alphabetically in the prediction list, as is the case for most WPS programs.

Procedures

The use of WPS was explained to each participant. Then, each participant was allowed a 5-minute training period using the WPS in a copying task. Finally, each participant underwent a single evaluation session involving 4 copying task conditions: (1) without WPS (Without); (2) with 3 predicted words (3Words); (3) with 6 predicted words (6Words); and (4) with 8 predicted words (8Words). The conditions were randomly assigned to avoid bias associated with fatigue. The randomization was performed using dedicated software, and a system of sealed envelopes was used for allocation. A maximum of 10 minutes was allowed for each task, and participants were given a 5-minute break between each task. Four 500-word texts of similar complexity were used, drawn from a speech and language therapy book.²⁹ The average \pm SD word length was 5.1 ± 0.5 .

The length of each text was deliberately too long for it to be copied in 10 minutes. The evaluation was therefore stopped after 10 minutes. The texts were randomly allocated to ensure that the same text was not associated with the same copying task.

Participants were instructed to use the WPS, but no instructions regarding strategies of use were given. Errors could be corrected.

All assessments were videotaped, and the videos were used for the analysis. All the evaluations were performed by the same investigator to limit bias.

Outcome measures

During the 4 copying tasks, TIS was calculated objectively and evaluated subjectively.

Objective evaluations

The number of characters typed in 10 minutes was divided by 10, including punctuation marks, spaces, backspace, selection errors, and correction times. The number of items selected in 10 minutes was divided by 10, including punctuation marks, spaces, backspaces, arrow keys, and keys used to select words in the word prediction list. The number of errors and the number of predicted words selected from the word prediction list in 10 minutes were calculated from the videos.

Subjective evaluations (self-evaluations)

Fatigue was evaluated using a 0- to 10-point visual analog scale (VAS) before and after every task (0, no fatigue; 10, exhaustion). Perception of speed and cognitive load were evaluated using a 0- to 10-point VAS (for perception of speed: 0, very slow; 10, very fast; for cognitive load: 0, low cognitive load; 10, high cognitive load). Satisfaction was evaluated using a 0- to 5-point VAS (0, not satisfied; 5, very satisfied).

Data analysis

Descriptive statistics (mean \pm SD) were used to describe continuous variables, and frequencies were used for categorical variables. A Wilcoxon test was used to analyze differences in age and education level between the low- and high-lesion groups. A chi-square test was used to analyze differences in sex, frequency of use of word processing, and frequency of computer use between the low- and high-lesion groups.

The objective and subjective data relating to TIS followed a normal distribution (Shapiro-Wilk test), and thus parametric tests were used. To compare the influence of the number of words displayed in the prediction list on TIS, item selection speed, number of errors, rate of word prediction use, satisfaction, cognitive load, and perception of speed, a repeated-measures analysis of variance with 2 factors—type of assessment (Without/3Words/6Words/8Words) and lesion level (high/low)—was used. A post hoc Fisher least significant difference test was carried out on significant results. For the analysis of the high-lesion group we used a repeated-measures analysis of variance with 2 factors: type of assessment (Without/3Words/6Words/8Words) and devices used (standard keyboard/onscreen keyboard + Trackball/onscreen keyboard + infrared camera).

The level of significance was fixed at $P < .05$. Data were analyzed using STATISTICA 10 software.^c

Results

Demographics

Ninety persons with cervical SCI fulfilled the inclusion/exclusion criteria, of whom 45 agreed to participate in this study (35 men, 10 women; mean age \pm SD, 39.6 \pm 10y). The mean \pm SD time since lesion occurrence in the overall group was 10.6 \pm 8 years.

Fifteen participants were included in the high-lesion group (14 men, 1 woman; mean age \pm SD, 40.9 \pm 9y). Ten participants had used a computer for more than 10 years, 2 between 5 and 10 years, 2 between 1 and 5 years, and 1 for less than 1 year. Six subjects used infrared tracking technology, and 9 used a trackball controlled by the chin. All used onscreen keyboards. Thirteen subjects used word-processing programs regularly (>3 times/wk), and 2 did not (≤ 3 times/mo).

Thirty participants were included in the low-lesion group (21 men, 9 women; mean age \pm SD, 39.5 \pm 11y). Twenty-six participants had used a computer for more than 10 years, 3 participants between 5 and 10 years, and 1 between 1 and 5 years. All participants used a standard keyboard without splints and used word-processing programs regularly (>3 times/wk).

There were no significant differences between groups for age, sex, years of education, and frequency of use of word-processing programs. However, participants in the low-lesion group used the computer more frequently than participants in the high-lesion group ($P < .001$).

Objective evaluations

TIS (characters per minute)

There was a significant effect of condition on TIS (Without/3Words/6Words/8Words) ($F_{3,129} = 8.64$; $P < .001$); there was also a significant effect of lesion level ($F_{1,43} = 27.6$; $P < .001$) and a significant interaction between the 2 factors ($F_{3,129} = 8.89$; $P < .001$) (table 1).

The post hoc analysis indicated that participants with low lesions inputted text faster than participants with high lesions. For participants with low lesions, text input was faster without WPS than with WPS (3Words/6Words/8Words) regardless of the number of words displayed ($P < .001$). For participants with high lesions, there was no influence of WPS (3Words/6Words/8Words) on TIS ($P = .99$).

In the high-lesion group, there was no significant effect of condition on TIS ($F_{3,39} = 0.2$; $P = .89$); however, there was a significant effect of the device used ($F_{1,13} = 11.2$; $P = .005$) with no interaction between the 2 factors ($F_{3,39} = .75$; $P = .52$).

Number of errors

There was a significant effect of lesion level on the number of errors ($F_{1,43} = 35.3$; $P < .001$) (table 2). However, there was no influence of condition ($F_{3,129} = 0.9$; $P = .43$) and no interaction between the 2 factors ($F_{3,129} = .18$; $P = .90$).

The post hoc analysis indicated that the high-lesion group made fewer errors than the low-lesion group ($P < .001$). There was no influence of condition ($P = .44$) on the number of errors in either group.

In the high-lesion group, there was no significant effect of condition on the number of errors ($F_{3,39} = 1.5$; $P = .22$), no significant effect of the device used ($F_{1,13} = .002$; $P = .96$), and no interaction between the 2 factors ($F_{3,39} = 1.6$; $P = .20$).

Item selection speed

There was a significant effect of condition on item selection speed (Without/3Words/6Words/8Words) ($F_{3,129} = 7.84$; $P < .001$) (table 3). There was also a significant effect of lesion level ($F_{1,43} = 28.76$; $P < .001$) and a significant interaction between the 2 factors ($F_{3,129} = 11.11$; $P < .001$).

The post hoc analysis indicated that participants with high lesions had a higher key selection speed than participants with low lesions. Key selection speed was higher without WPS for participants with low lesions ($P < .001$), whereas there were no differences between conditions for the high-lesion group ($P = .99$).

In the high-lesion group, there was no significant effect of condition on item selection speed ($F_{3,39} = 0.9$; $P = .44$). However, there was a significant effect of the device used ($F_{1,13} = 9.8$; $P = .007$) with no interaction between the 2 factors ($F_{3,39} = 0.8$; $P = .49$).

Table 1 Characters per minute

Group	N	Condition			
		Without	3Words	6Words	8Words
All participants	45	53.8±37	42.9±23	41.9±21	41.9±20
Participants with low lesions					
Standard keyboard	30	69±36	53.1±19	51.2±19	50.7±17
Participants with high lesions					
All	15	23.4±12	22.6±14	23.2±14	23.8±14
With trackball/onscreen keyboard	9	16.5±14	15±13	16±11	18±14
With infrared camera/onscreen keyboard	6	33.7±6	34±6	34±9	33±4

NOTE. Values are mean ± SD or as otherwise indicated. Without indicates without prediction software; 3Words, with 3 words displayed in the prediction list; 6Words, with 6 words displayed in the prediction list; 8Words, with 8 words displayed in the prediction list.

Rate of word prediction use

There was a significant effect of lesion level on rate of use of word prediction. ($F_{1,43}=5.6$; $P=.02$) (table 4). There was no influence of condition ($F_{2,86}=1.6$; $P=.18$) and no interaction between condition and lesion level ($F_{2,86}=2.6$; $P=.07$).

The post hoc analysis showed no interaction between low and high lesions ($P=.33$) or between lesion level and condition ($P=.99$).

In the high-lesion group, there was no significant effect of condition on rate of use of word prediction ($F_{2,26}=1.49$; $P=.24$); However, there was a significant effect of the device used ($F_{1,13}=5.6$; $P=.003$) with no interaction between the 2 factors ($F_{2,26}=2.65$; $P=.09$).

Subjective evaluations

Fatigue

There was no significant effect of condition ($F_{3,129}=1.86$; $P=.97$) or lesion level ($F_{1,43}=0.2$; $P=.65$), and no interaction between the 2 factors ($F_{3,129}=1.86$; $P=.13$).

Perception of TIS

There was a significant effect of condition ($F_{2,86}=4.91$; $P<.001$) and lesion level ($F_{1,43}=6.82$; $P=.01$) with no interaction between the 2 factors ($F_{2,86}=2.34$; $P=.10$).

The post hoc analysis indicated that for the low-lesion group, participants perceived text input as faster with a display of 3 words compared with 8 words ($P=.003$). Participants with high lesions

perceived text input as faster with a display of 6 and 8 words than did participants with low lesions ($P=.03$ and $P<.001$, respectively).

Cognitive load

There was no influence of condition ($F_{2,86}=1.42$; $P=.24$) or lesion level ($F_{1,43}=.91$; $P=.35$), and no interaction between the 2 factors ($F_{2,86}=1.33$; $P=.26$).

Satisfaction

There was no influence of condition ($F_{2,86}=.31$; $P=.73$). There was a significant effect of lesion level ($F_{1,43}=5.97$; $P=.02$) and a significant effect between the 2 factors ($F_{2,86}=3.25$; $P=.04$). The post hoc analysis indicated that for the high-lesion group, satisfaction with 8 words was higher than for the low-lesion group ($P=.01$).

Discussion

We found in this study that the influence of WPS on TIS depended on the lesion level of the user. TIS was faster without WPS for participants with low lesions, whatever the number of words displayed, while there was no influence of WPS in participants with high lesions. These results refute our hypothesis and contrast with previous results in the literature.

Influence of WPS on TIS

The influence of WPS on TIS differed depending on the level of cervical SCI. This result was further confirmed by the rate of word prediction use in each group.

Table 2 Number of errors

Group	N	Condition			
		Without	3Words	6Words	8Words
All participants	45	15±10	14.2±7	13.6±7	13.7±7
Participants with low lesions					
Standard keyboard	30	18.2±9	17.4±6	16.9±5	17.3±5
Participants with high lesions					
All	15	8.8±8	7.6±6	7.2±5	6.4±5
With trackball/onscreen keyboard	9	9.5±8	7.3±6	6.2±6	6.7±6
With infrared camera/onscreen keyboard	6	7.6±9	8±6	8.6±3	6±4

NOTE. Values are mean ± SD or as otherwise indicated. Without indicates without prediction software; 3Words, with 3 words displayed in the prediction list; 6Words, with 6 words displayed in the prediction list; 8Words, with 8 words displayed in the prediction list.

Table 3 Key selection speed (key presses per minute)

Group	N	Condition			
		Without	3Words	6Words	8Words
All participants	45	63±45	49.5±26	48.8±25	48.8±23
Participants with low lesions					
Standard keyboard	30	81.7±43	61±22	59.7±21	59.1±19
Participants with high lesions					
All	15	25.4±13	26.2±16	27±15	28.2±15
With trackball/onscreen keyboard	9	18.3±11	17.8±14	19±14	21.7±16
With infrared camera/onscreen keyboard	6	36±7	39±6	39±9	38.1±4

NOTE. Values are mean ± SD or as otherwise indicated. Without indicates without prediction software; 3Words, with 3 words displayed in the prediction list; 6Words, with 6 words displayed in the prediction list; 8Words, with 8 words displayed in the prediction list.

In each group

For the low-lesion group, the decrease in TIS with WPS was associated with a decrease in key selection speed, even if the cognitive load was not higher with WPS in this group. However, this is in accordance with previous studies^{19,22} and could relate to the necessity to search for predicted words on the computer screen while using a physical keyboard.

For the high-lesion group, TIS, item selection speed, and cognitive load were not affected by WPS, whatever the device used. These results therefore suggest that not only is the use of WPS not effective to increase TIS in people with cervical SCI, it may actually have a negative influence on TIS. However, the adjustment of other settings could change the influence of WPS on TIS. In another study conducted by our team (under review), we showed that the activation of “frequency of use” increased TIS in persons with high-cervical SCI. The difference in results between the 2 groups may be because the cognitive load induced by the visual search for words in the prediction list is lower with the use of an onscreen keyboard, since a smaller degree of visuospatial exploration is required than for a standard keyboard (used by the low cervical SCI group). Tam and Wells³⁰ confirmed this hypothesis, finding that people with cervical SCI who used an external device to display the word prediction list near the standard keyboard had to look at their fingers when they typed.

Between-group comparison

There were fewer text input errors in the high-lesion group than in the low-lesion group. This could be the result of the lower TIS of

the high-lesion group along with the smaller degree of visuospatial exploration required when using an onscreen keyboard.

The lack of influence of WPS on fatigue in both groups contradicts data in the literature. WPS has previously been shown to reduce fatigue in persons with cerebral palsy.¹⁸ This difference might be because persons with cervical SCI have lower levels of fatigue than persons with brain injury. This should, however, be evaluated in further comparative studies. The results of the present study may also have been affected by the disablement of the “frequency of use” and “learning new words” parameters. This could affect TIS, fatigue, and the number of errors. It would therefore be interesting to study the influence of these parameters more specifically in future studies.

Influence of the number of words displayed on TIS

We initially hypothesized that the number of words displayed in the prediction list would influence TIS. However, there was no influence of the number of words displayed on TIS or on key selection speed in either group, whatever the device used. Similarly, there was no influence on rate of word prediction use. These results contrast with previous results in the literature. Koester and Levine²⁷ found that a display of 5 or 6 words is the best compromise between increasing TIS and cognitive load. This difference may be related to differences in methodology and that the sample of participants with cervical SCI was larger in the present study.

Table 4 Rate of word prediction use

Group	N	Condition			
		Without	3Words	6Words	8Words
All participants	45	N/A	27.9±18	29.4±18	29.7±17
Participants with low lesions					
Standard keyboard	30	N/A	32±17	34.3±18	32.7±18
Participants with high lesions					
All	15	N/A	19.7±16	19.5±13	23.8±15
With trackball/onscreen keyboard	9	N/A	11.3±11	13.6±13	19.6±17
With infrared camera/onscreen keyboard	6	N/A	32±13	28±8	30±11

NOTE. Values are mean ± SD or as otherwise indicated. Without indicates without prediction software; 3Words, with 3 words displayed in the prediction list; 6Words, with 6 words displayed in the prediction list; 8Words, with 8 words displayed in the prediction list. Abbreviation: N/A, not applicable.

Participants with low lesions perceived text input to be faster with a display of 3 words rather than 8 words. This may be because a shorter list requires a shorter visual search time. In contrast, satisfaction was higher with a display of 8 words for participants with high lesions. The higher TIS of participants with low-cervical SCI may make reducing visual search time a priority, while the use of a virtual keyboard by participants with high lesions and the low associated TIS may induce a preference for a greater choice of words and greater keystroke savings. However, altering the number of words displayed only affected the perception of TIS but had no objective influence.

Study limitations

The difference in the number of subjects and the difference in the frequency of computer use in the high- and low-cervical SCI groups could constitute a bias in the interpretation of the results. However, any such bias appears to have had a minimal impact since the variability of the 2 groups was almost similar. No studies found in the literature have evaluated the influence of lesion level on TIS. This study on WPS involved the largest sample of persons with cervical SCI currently available in the literature, and thus the results are worthy of note.

Moreover, the use of different computer access devices in the high-lesion group influenced TIS and item selection speed. Nevertheless, the results suggest that the impact of these different devices on the influence of WPS and the number of words displayed was small. We found no influence of the number of words displayed on TIS in the high-lesion group, and no influence of the WPS on TIS as a function of the type of device used. In addition, the lack of validation of the VASs used may constitute a limitation for the analysis and the interpretation of results.

The alteration of other parameters such as the frequency of words displayed may influence TIS by increasing the relevance of the displayed words. Moreover, lack of training in the use of WPS could also influence TIS. The influence of training should be considered in future studies.

Conclusions

The influence of the number of words displayed in a word prediction list on TIS differed depending on the level of cervical SCI. The use of WPS decreased TIS in participants with low lesions, whatever the number of words displayed. In participants with high lesions, there was no influence of WPS on TIS and no influence of the number of words displayed. The results of this study suggest that changing the number of words displayed may alter the perception of ease of text input in persons with SCI but does not have an objective influence on TIS. Further studies should be carried out to evaluate the influence of other WPS parameters on TIS.

These results are important for health-related professionals whose role is to advise persons with SCI in the choice of WPS. It seems important to reduce the number of words displayed for persons with low-cervical SCI, or not to use WPS at all, and to increase the number of words displayed for persons with high-cervical SCI in order to increase the comfort of use of WPS. However, it must be kept in mind that these results are based on a single data collection session. It would be useful to evaluate the impact of specific training on the influence of WPS. The impact of other parameters of WPS should also be considered in further studies, such as the location of the prediction list and the feature of only suggesting words of 5 characters or more, to decrease visual search time.

Suppliers

- a. Dell XPS computer; Dell, Inc.
- b. Jabbla, Inc.
- c. STATISTICA 10 software; StatSoft, Inc.

Keywords

Communication aids for disabled; Rehabilitation; Software; Spinal cord injuries

Corresponding author

Samuel Pouplin, OT, MSc, Plate-Forme Nouvelles Technologies, Service de Médecine Physique et Réadaptation, Hôpital R. Poincaré, 104 boulevard R. Poincaré, 92380 Garches, France. *E-mail address:* samuel.pouplin@rpc.aphp.fr.

References

1. Folan A, Barclay L, Cooper C, Robinson M. Exploring the experience of clients with tetraplegia utilizing assistive technology for computer access. *Disabil Rehabil Assist Technol* 2015;10:46-52.
2. Bigot P, Crouette E. Information and communication technology in French society [French]. Paris: Research Center for the Study and Observation of Living Conditions 2014. Available at: <http://www.credoc.fr/pdf/Rapp/R317.pdf>. Accessed January 13, 2015.
3. Laffont I, Biard N, Bouteille J, et al. Tetraplegia: technological solutions to compensate motor disability of the upper arms [French]. *La Lett. médecine Phys. réadaptation* 2008;24:113-21. Available at: <http://www.springerlink.com/index/10.1007/s11659-008-0106-y>. Accessed December 6, 2012.
4. Betke M, Gips J, Fleming P. The camera mouse: visual tracking of body features to provide computer access for people with severe disabilities. *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng* 2002;10:1-10.
5. Huo X, Park H, Kim J, Ghovanloo M. A dual-mode human computer interface combining speech and tongue motion for people with severe disabilities. *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng* 2013;21:979-91.
6. Kim DG, Lee BS, Lim SE, et al. The selection of the appropriate computer interface device for patients with high cervical cord injury. *Ann Rehabil Med* 2013;37:443-8.
7. Kim J, Park H, Bruce J, et al. Qualitative assessment of tongue drive system by people with high-level spinal cord injury. *J Rehabil Res Dev* 2014;51:451-65.
8. Choi C, Na Y, Rim B, Kim Y, Kang S, Kim J. An SEMG computer interface using three myoelectric sites for proportional two-dimensional cursor motion control and clicking for individuals with spinal cord injuries. *Med Eng Phys* 2013;35:777-83.
9. Turpin G, Armstrong J, Frost P, Fine B, Ward C, Pinnington L. Evaluation of alternative computer input devices used by people with disabilities. *J Med Eng Technol* 2005;29:119-29.
10. Le Pévédic B. Scalable morphosyntactic prediction Handi AS [French] [dissertation]. Nantes: Doctoral School of Engineering Sciences; 1997.
11. Pouplin S, Robertson J, Antoine J, et al. Effect of dynamic keyboard and word-prediction systems on text input speed in persons with functional tetraplegia. *J Rehabil Res Dev* 2014;51:467-80.
12. Raynal M, Vigouroux N. Genetic algorithm to generate optimized soft keyboard. In: *Proceedings of CHI '05—Conference on Human Factors in Computing Systems*; 2005 Apr 2-7; Portland, OR. New York: Association for Computing Machinery; 2005. p 1729-32. Available at:

- <http://portal.acm.org/citation.cfm?doid=1056808.1057008>. Accessed January 20, 2015.
13. Kushler C. AAC using a reduced keyboard. In: *Proceedings of CSUN'98— CSUN Conference on Technology and Persons With Disabilities*; 1998 Mar 17-21; Los Angeles, CA. Norridge: California State Univ; 2001.
 14. Isokoski P. Performance of menu-augmented soft keyboards. In: *Proceedings of CHI '04—Conference on Human Factors in Computing Systems*; 2004 Apr 24-29; Vienna (Austria). New York: Association for Computing Machinery; 2004. p 423-30. Available at: <http://portal.acm.org/citation.cfm?doid=985692.985746>. Accessed January 25, 2015.
 15. Harbusch K, Kühn M. An evaluation an evaluation study of two button scanning with ambiguous keyboards. In: Craddock GM et al, editors. *Assistive Technology — Shaping the Future; AAATE'03*; Dublin (Ireland); 2003 Aug 31-Sept 3. p 1-6.
 16. Rieger JM. The effect of automatic speech recognition systems on speaking workload and task efficiency. *Disabil Rehabil* 2003;25:224-35.
 17. Pouplin S, Roche N, Hugeron C, Vaugier I, Bensmail D. Recommendations and settings of word prediction software by health-related professionals for people with spinal cord injury: a prospective observational study. *Eur J Phys Rehabil Med* 2015 Feb 5 [Epub ahead of print].
 18. Wandmacher T, Antoine J, Poirier F, Départe J-P, Sibylle, an assistive communication system adapting to the context and its user. *ACM Trans Access Comput* 2008;1:1-30.
 19. Koester HH, Levine SP. Effect of a word prediction feature on user performance. *Augment Altern Commun* 1996;12:155-68.
 20. Laffont I, Dumas C, Pozzi D, et al. Home trials of a speech synthesizer in severe dysarthria: patterns of use, satisfaction and utility of word prediction. *J Rehabil Med* 2007;39:399-404.
 21. Vigouroux N, Vella F, Truillet P, Raynal M. Evaluation of AAC for text input by two groups of subjects: able-bodied subjects and disabled motor subjects. In: *8th ERCIM Workshop, User Interface for All; Vienna (Austria)*; 2004. p 28-9.
 22. Anson D, Moist P, Przywara M, Wells H, Saylor H, Maxime H. The effects of word completion and word prediction on typing rates using on-screen keyboards. *Assist Technol* 2006;18:146-54.
 23. Anson D. The effect of word prediction on typing speed. *Am J Occup Ther* 1993;47:1039-42.
 24. Koester HH, Levine SP. Learning and performance of able-bodied individuals using scanning systems with and with-out word prediction. *Assist Technol* 1994;6:42-53.
 25. Koester HH. The effect of a user's search strategy on performance with word prediction. In: *Proceedings of the RESNA '97 Annual Conference*, Pittsburgh. Arlington: RESNA Press; 1997.
 26. Venkatagiri HS. Effect of window size on rate of communication in a lexical prediction AAC system. *Augment Altern Commun* 1994;10:105-12.
 27. Koester HH, Levine S. Keystroke-level models for user performance with word prediction. *Augment Altern Commun* 1997;13:239-57.
 28. Guttmann L. *Spinal cord injuries, comprehensive management and research*. 1st ed. Oxford: Blackwell Science; 1973.
 29. Fraval Lye M, Boutard C. *Textzados*. Isbergues: Ortho Edit; 2004.
 30. Tam C, Wells D. Evaluating the benefits of displaying word prediction lists on a personal digital assistant at the keyboard level. *Assist Technol* 2009;21:105-14.



The effect of word prediction settings (frequency of use) on text input speed in persons with cervical spinal cord injury: a prospective study

Samuel Pouplin, Nicolas Roche, Jean-Yves Antoine, Isabelle Vaugier, Sandra Pottier, Marjorie Figere & Djamel Bensmail

To cite this article: Samuel Pouplin, Nicolas Roche, Jean-Yves Antoine, Isabelle Vaugier, Sandra Pottier, Marjorie Figere & Djamel Bensmail (2016): The effect of word prediction settings (frequency of use) on text input speed in persons with cervical spinal cord injury: a prospective study, *Disability and Rehabilitation*, DOI: [10.1080/09638288.2016.1193229](https://doi.org/10.1080/09638288.2016.1193229)

To link to this article: <http://dx.doi.org/10.1080/09638288.2016.1193229>



Published online: 13 Jun 2016.



Submit your article to this journal [↗](#)



View related articles [↗](#)



View Crossmark data [↗](#)

ORIGINAL ARTICLE

The effect of word prediction settings (frequency of use) on text input speed in persons with cervical spinal cord injury: a prospective study

Samuel Pouplin^{a,b,c,d}, Nicolas Roche^{c,d,e}, Jean-Yves Antoine^f, Isabelle Vaugier^d, Sandra Pottier^d, Marjorie Figere^d and Djamel Bensmail^{a,b,c,d}

^aNew Technologies Plate-Form, AP-HP, Raymond Poincaré Teaching Hospital, Garches, France; ^bPhysical Medicine and Rehabilitation Department, AP-HP, Raymond Poincaré Teaching Hospital, Garches, France; ^cInserm Unit 1179, Team 3: Technologies and Innovative Therapies Applied to Neuromuscular Diseases, University of Versailles St-Quentin-en-Yvelines, France; ^dClinical Innovations Center 1429, AP-HP, Raymond Poincaré Teaching Hospital, Garches, France; ^ePhysiology-Functional Testing Ward Department, AP-HP, Raymond Poincaré Teaching Hospital, Garches, France; ^fUniversity of François Rabelais of Tours, Tours, France

ABSTRACT

Purpose: To determine whether activation of the frequency of use and automatic learning parameters of word prediction software has an impact on text input speed.

Methods: Forty-five participants with cervical spinal cord injury between C4 and C8 Asia A or B accepted to participate to this study. Participants were separated in two groups: a high lesion group for participants with lesion level is at or above C5 Asia AIS A or B and a low lesion group for participants with lesion is between C6 and C8 Asia AIS A or B. A single evaluation session was carried out for each participant. Text input speed was evaluated during three copying tasks:

- without word prediction software (WITHOUT condition)
- with automatic learning of words and frequency of use deactivated (NOT_ACTIV condition)
- with automatic learning of words and frequency of use activated (ACTIV condition)

Results: Text input speed was significantly higher in the WITHOUT than the NOT_ACTIV ($p < 0.001$) or ACTIV conditions ($p = 0.02$) for participants with low lesions. Text input speed was significantly higher in the ACTIV than in the NOT_ACTIV ($p = 0.002$) or WITHOUT ($p < 0.001$) conditions for participants with high lesions.

Conclusions: Use of word prediction software with the activation of frequency of use and automatic learning increased text input speed in participants with high-level tetraplegia. For participants with low-level tetraplegia, the use of word prediction software with frequency of use and automatic learning activated only decreased the number of errors.

► IMPLICATIONS IN REHABILITATION

Access to technology can be difficult for persons with disabilities such as cervical spinal cord injury (SCI). Several methods have been developed to increase text input speed such as word prediction software. This study show that parameter of word prediction software (frequency of use) affected text input speed in persons with cervical SCI and differed according to the level of the lesion.

- For persons with high-level lesion, our results suggest that this parameter must be activated so that text input speed is increased.
- For persons with low lesion group, this parameter must be activated so that the numbers of errors are decreased.
- In all cases, the activation of the parameter of frequency of use is essential in order to improve the efficiency of the word prediction software.
- Health-related professionals should use these results in their clinical practice for better results and therefore better patients 'satisfaction.

ARTICLE HISTORY

Received 12 January 2016
Revised 17 May 2016
Accepted 19 May 2016
Published online 7 June 2016

KEYWORDS

Cervical spinal cord injury; computer; frequency of use; text input speed; word prediction software

Introduction

In everyday life in the modern world, information and communication technologies are important for social and professional integration.[1] However, access to technology can be difficult for persons with disabilities such as cervical spinal cord injury (SCI). Different devices have been developed to enable them to use a computer depending on the level of lesion (infrared camera, trackball, onscreen keyboard, mouth sticks, hand splints).[2–7].

Despite the development of these different assistive technologies, text input speed (TIS) remains lower for people with sensory motor impairments than for able-bodied people.[8] Several methods have been developed to increase TIS [7–13] such as speech recognition systems [4] and word prediction software (WPS). These software, recommended by health-related professionals, are complementary: for example, in a noisy home environment, the use of a speech recognition system may be compromised. WPS may be a more appropriate solution to compensate for some of

the disadvantages of speech recognition software. WPS involves displaying a list of words that relate to the word being typed by the user. If one of the predicted words is correct, the user can select it in the list, thereby avoiding having to type the whole word (keystroke saving). The prediction is based on the first letters of the word being typed (lexicon checking). However, advanced WPS also take into account the previous word within the sentence (syntactic or even semantic prediction).[14] Such WPS can be customized using different settings.[15] Among them, it is frequently possible to activate the automatic learning of new words and to order the prediction list according to the frequency of occurrence of words in the language: the most frequently used words are thereby displayed first in the prediction list (frequency of use). The effect of some of these parameters has been studied in the literature;[16] however, the effect of the majority of parameters has not been evaluated. WPS is based on the frequency of words in English or French language. Some WPS cannot be adapted to the user's vocabulary and the frequency of words used if used in French; however, other WPS allows this parameter to be activated or deactivated. To our knowledge, there are no studies in the literature, which has evaluated the influence of this parameter on TIS. According to our clinical experience in persons with cervical SCI Asia A and B, it seems logical to hypothesize that the use of word prediction software and the adaptation to the user's vocabulary should allow the selection of the most appropriate words most rapidly, therefore improving TIS. Similarly, it is possible that these parameters may not have the same effect in persons with high (injury level is at or above C5 Asia A and B) and low (injury level is at or below C6 Asia A and B) tetraplegia since they do not use the same devices to access the computer.

The aim of this study was therefore to determine whether the use of WPS with the frequency of use and automatic learning parameters activated had an impact on TIS and if there was a difference between the effects in persons with high and low tetraplegia. The main hypothesis was that the activation of these parameters should improve TIS in a sample of persons with cervical SCI AIS A or B who had important motor alterations.

Materials and methods

Participants

This study was carried out between October 2013 and March 2014. During this period, persons with cervical SCI followed in the department of physical medicine and rehabilitation of a Teaching Hospital were included if they were over 18 years old, had a SCI level between C4 and C8 Asia AIS A or B, were computer users but did not use the WPS function (to limit bias) and could read and write French. Participants were excluded if they had cognitive, linguistic or visual impairments. The study was approved by the local ethics committee (CPP Ile de France, Saint Germain en Laye) and all subjects provided written informed consent before participation. Data collection was finalized in April 2014.

Materials

In order to standardize the conditions of the evaluation, a Dell XPS computer (Round Rock, TX) and a Toshiba computer (Tokyo, Japan), both equipped with a KeyVit Onscreen Keyboard (Gent, Belgium) and Skippy WPS (Gent, Belgium) were used (Skippy active state was only on the Toshiba computer, never on the Dell). Both computers have the same screen size, screen resolution, brightness and the same operating system. The WPS was chosen following a study of the most commonly prescribed or used WPS

performed by our group [15] in health-related professional and person with cervical SCI. The results showed that Skippy (a syntax-based WPS) was the most commonly used software. Participants who used an onscreen keyboard used their usual head-controlled pointing device.

WPS was configured to display a list of six words horizontally at the top of the screen. These choices were based on a preliminary study conducted in our group on the use of WPS [15] and data in the literature. Two computers were used. On a Dell computer, two parameters of Skippy were not activated: the automatic learning of new words and the faster presentation of the words most frequently used (frequency of use). The predicted words were displayed alphabetically. On a Toshiba Computer, the automatic learning of new words and frequency of use parameters were activated. Furthermore, the words of the texts used for the assessment were integrated into the WPS dictionary.

Study design

Firstly, the WPS was explained to each participant. Then, each participant carried out a 5-min training session using WPS with the automatic learning of words and frequency of use parameters activated during a copying task. Finally, each participant underwent a single evaluation session. During this evaluation, three 10-min copying task were carried out in a randomized order:

- a copying task without WPS (WITHOUT condition) (Dell computer)
- a copying task using WPS but with automatic learning of words and frequency of use not activated (NOT_ACTIV condition) (Dell computer)
- a copying task using WPS with automatic learning of words and frequency of use activated (ACTIV condition) (Toshiba computer)

A five-minute break was given between each copying task. Four 500 words texts of similar complexity were used, drawn from a speech and language therapy book.[17] The average word length was 5.1 ± 0.5 (SD) characters. The length of all the texts was deliberately too long to allow the task to be completed in 10 min. The evaluation was stopped after 10 min, no matter how much of the text had been copied. The texts were randomly allocated in order to ensure that the same text was not associated with the same condition.

Participants were instructed to use the WPS as desired; that is, no instructions were given regarding strategy of use. Errors could be corrected. All assessments were performed by the same investigator and were videotaped. The videos were used for the analysis.

Outcome measures

During the three copying tasks, TIS was evaluated quantitatively and qualitatively as follows:

Quantitative assessment

Characters per minute (cpm): The number of characters typed in 10 min divided by 10, including punctuation marks and spaces as well as backspace, selection errors and correction times.

- **Item selection speed (items per minute):** The number of items selected in ten minutes divided by 10 including punctuation marks, spaces, backspaces, arrow keys and words selected in the word prediction list.
- **Number of errors and rate of word prediction use** in 10 minutes were noted and were calculated from videos

(number of errors and number of words selected from the word prediction list in ten minutes).

Qualitative assessment (self-evaluations)

Fatigue was evaluated using a 0–10-point visual analog scale (VAS) before and after each task (0: no fatigue/10: exhaustion).

Perception of speed and cognitive load was also evaluated using 0–10 point VASs. Perception of speed – 0: very slow/10: very fast; cognitive load – 0: low cognitive load/10: high cognitive load.

Satisfaction of task completion was evaluated using a 0–5-point VAS (0: not satisfied/5: very satisfied).

Data analysis

Descriptive statistics (mean ± standard deviation) were used to describe continuous variables and frequencies for categorical variables. The data followed a normal distribution (Shapiro–Wilk test), and thus, parametric tests were used. In order to evaluate interactions between the effect of “frequency of use” and “learning new words” on TIS, item selection speed, number of errors, rate of word prediction use, satisfaction, cognitive load and perception of speed, a two-factor repeated-measures analysis of variance was performed with the level of lesion as the first factor and activation of word prediction software as the second factor (WITHOUT, NOT_ACTIV, ACTIV). A *post hoc* method was carried out with a Bonferroni correction. The level of significance was fixed at $p < 0.05$. Data were analyzed using STATISTICA 10 software – StatSoft. Inc software Tulsa, OK.

Results

Participants

Among 90 persons with cervical SCI who fulfilled the inclusion/exclusion, 45 participants with cervical SCI accepted to participate to this study (35 males and 10 females; 39.6 (SD 10) years old; 14.7 (SD 3) years of education). Time since lesion was 10.6 ± 8 years. Thirty-six participants had used computers for over 10 years, five participants between 5 and 10 years, three between 1 and 5 years and one for less than 1 year.

Lesion level was high (C4 and C5 Asia AIS A or B) for 15 participants (high lesion group) and was between C6 and C8 Asia AIS A or B for 30 participants (low lesion group). In the high lesion group, 13 participants used word-processing software regularly (> 3 times per week) and 2 did not (≤ 3 times per month). In the low lesion group (30 participants), all participants used word-processing software regularly (> 3 times per week).

Results of the quantitative assessments

Characters per minute (cpm)

Table 1 shows the mean number of characters per minute for the three conditions in all participants, participants with low lesions and with high lesions.

Table 1. Characters per minute – mean (SD).

	Condition		
	WITHOUT	NOT_ACTIV	ACTIV
All participants	53.8 (37)	45.6 (22)	51.3 (23)
Participants with low lesions	69 (36)	55.2 (19)	59.8 (21)
Participants with high lesions	23.4 (12)	26.2 (14)	34.4 (20)

There was a significant effect of condition (WITHOUT/NOT_ACTIV/ACTIV) ($F = 3.81$; $p = 0.02$) and lesion level ($F = 23.8$; $p < 0.001$) and a significant interaction between condition and lesion level ($F = 9.39$; $p < 0.001$).

The *post hoc* analysis indicated that the following:

- Participants with a low lesion wrote faster than participants with a high lesion, whatever the condition.
- In participants with low lesions, TIS was significantly higher in the WITHOUT condition than the NOT_ACTIV ($p < 0.001$) and ACTIV ($p = 0.02$) conditions.
- In participants with high lesions, TIS was significantly higher in the ACTIV than the NOT_ACTIV ($p = 0.002$) and WITHOUT ($p < 0.001$) conditions. There was no difference between the NOT_ACTIV and the WITHOUT conditions ($p = 0.99$).

Number of errors

Table 2 shows the mean number of errors for the three conditions in all participants, participants with low lesions and with high lesions.

There was a significant effect of condition (WITHOUT/NOT_ACTIV/ACTIV) ($F = 9.27$; $p < 0.001$) and a significant effect of lesion level ($F = 26.4$; $p < 0.001$) but no interaction between the condition and lesion level ($F = 1.03$; $p = 0.35$).

The *post hoc* analysis indicated that the following:

- Participants with low lesions made more errors than participants with high lesions ($p < 0.001$).
- In participants with low lesions, the number of errors was significantly lower in the ACTIV condition than the NOT_ACTIV ($p = 0.006$) and WITHOUT ($p < 0.001$) conditions. There was no difference between the NOT_ACTIV and WITHOUT conditions ($p = 0.99$).
- In participants with high lesions, there was no difference between conditions (ACTIV versus NOT_ACTIV: $p = 0.99$, ACTIV versus WITHOUT: $p = 0.89$ and NOT_ACTIV versus WITHOUT: $p = 0.99$).

Likewise, it can be noticed that, in participants with low lesions and who had the same levels of errors as participants with high lesions, there was a significant effect of condition (WITHOUT/NOT_ACTIV/ACTIV) ($F = 17.7$; $p < 0.001$). The *post hoc* analysis indicated that TIS was significantly higher in the WITHOUT condition than the NOT_ACTIV ($p < 0.001$) and ACTIV ($p < 0.001$) conditions.

Item selection speed

Table 3 shows the mean key selection speed for the three conditions in all participants, participants with low lesions and with high lesions.

Table 2. Number of errors – mean (SD).

	Condition		
	WITHOUT	NOT_ACTIV	ACTIV
All participants	15 (10)	13.6 (8)	9.7 (5)
Participants with low lesions	18.2 (9)	16.9 (6)	11.9 (5)
Participants with high lesions	8.8 (8)	6.9 (5)	5.1 (3)

Table 3. Key selection speed (keys per minute) – mean (SD).

	Condition		
	WITHOUT	NOT_ACTIV	ACTIV
All participants	69.9 (45)	52.2 (25)	58.2 (25)
Participants with low lesions	81.8 (43)	63 (22)	67.4 (22)
Participants with high lesions	25.4 (13)	30 (16)	39.8 (23)

There was a significant effect of condition (WITHOUT/NOT_ACTIV/ACTIV) ($F=3.38$; $p=0.03$) and lesion level ($F=24.2$; $p<0.001$) and a significant interaction between condition and lesion level ($F=12.7$; $p<0.001$).

The *post hoc* analysis indicated that the following:

- Participants with low lesions selected keys more quickly than participants with high lesions.
- For participants with low lesions, key selection speed in the WITHOUT condition was significantly faster than in the NOT_ACTIV ($p<0.001$) and ACTIV ($p=0.02$) conditions.
- For participants with high lesions, key selection speed was significantly faster in the ACTIV condition than in the NOT_ACTIV ($p=0.004$) and WITHOUT ($p<0.001$) conditions. There was no difference between the NOT_ACTIV and WITHOUT conditions ($p=0.99$).

Rate of word prediction use

Table 4 shows the mean rate of word prediction use for the three conditions in all participants, participants with low lesions and with high lesions.

There was a significant effect of condition (NOT_ACTIV/ACTIV) ($F=37.5$; $p<0.001$) but no significant effect of lesion level ($F=0.7$; $p=0.39$) and no interaction between condition and lesion level ($F=0.09$; $p=0.76$).

The *post hoc* analysis indicated the following:

- The rate of word prediction use was significantly higher in the ACTIV than NOT_ACTIV condition in participants with low ($p<0.001$) and high lesions ($p=0.01$).

Results of the qualitative assessments

Subjective measures (fatigue, perception of speed, cognitive load and satisfaction)

Table 5 shows the results of qualitative outcomes for the three conditions in all participants, participants with either low lesions or with high lesions.

Regarding *fatigue*, there was no significant effect of condition (WITHOUT/NO_ACTIV/ACTIV) ($F=1.01$; $p=0.36$), lesion level ($F=0.34$; $p=0.56$) and no interaction between condition and lesion level ($F=1.62$; $p=0.20$).

Table 4. Rate of Word prediction use – mean (SD).

	Condition		
	WITHOUT	NOT_ACTIV	ACTIV
All participants	N/A	29.8 (17)	51.7 (25)
Participants with low lesions	N/A	31.9 (17)	53 (18)
Participants with high lesions	N/A	25.8 (17)	49 (36)

N/A: Not Applicable.

Regarding *perception of speed*, there was a significant effect of condition (WITHOUT/NO_ACTIV/ACTIV) ($F=26.8$; $p<0.001$), but no effect of lesion level ($F=2$; $p=0.16$); there was no interaction between condition and lesion level ($F=1.2$; $p=0.27$).

The *post hoc* analysis indicated the following:

- Participants with low lesions perceived that they inputted text significantly faster in the ACTIV than the WITHOUT ($p<0.001$) or NOT_ACTIV ($p<0.001$) conditions. There was no difference between the NOT_ACTIV and WITHOUT conditions ($p=0.99$).
- For participants with high lesions, there was no difference between the WITHOUT and NOT_ACTIV ($p=0.99$) or ACTIV ($p=0.09$) conditions.

Regarding *cognitive load*, there was a significant effect of condition (WITHOUT/NO_ACTIV/ACTIV) ($F=6.45$; $p=0.01$), but no effect of lesion level ($F=0.45$; $p=0.5$) and no interaction between condition and lesion level ($F=1.16$; $p=0.28$).

The *post hoc* analysis indicated that the following:

- For participants with low lesions, cognitive load was significantly higher in the NOT_ACTIV than WITHOUT condition ($p=0.01$). For the high lesion group, there were no differences between the WITHOUT, NOT_ACTIV ($p=0.99$) and ACTIV ($p=0.99$) conditions.

Regarding *satisfaction* with WPS, there was a significant effect of condition (WITHOUT/NO_ACTIV/ACTIV) ($F=17.5$; $p<0.001$) but no effect of lesion level ($F=3.5$; $p=0.06$). There was also a significant interaction between condition and lesion level ($F=6.8$; $p=0.01$).

The *post hoc* analysis indicated that the following:

- Participants with low lesions were more satisfied after the completion of a copying task with the ACTIV condition than the NOT_ACTIV condition ($p<0.001$).
- For the high lesion group, there was no difference between the NOT_ACTIV ($p=0.99$) and ACTIV ($p=0.99$) conditions.

Discussion

The hypothesis of this study was that the activation of the frequency of use and learning new words parameters would increase TIS in a homogenous population of persons with cervical SCI AIS A or B and therefore that in the ACTIV condition participants would input text faster than in the NOT_ACTIV or WITHOUT conditions.

However, the results showed that the effects differed according to the level of the lesion: (i) for participants with low lesions, TIS was significantly higher when WPS was not used; (ii) for participants with high lesions, text input was significantly faster when using WPS with the frequency of use and automatic learning

Table 5. Results of qualitative outcome – mean (SD).

Qualitative Outcomes		Condition		
		WITHOUT	NOT_ACTIV	ACTIV
<i>Fatigue</i> (difference between the before and after task)	All participants	1.4 (1.7)	1 (1.5)	0.7 (1.3)
	Participants with low lesions	1.6 (2)	1 (1.5)	0.7 (1.3)
	Participants with high lesions	0.8 (0.8)	1 (1.5)	0.8 (1.4)
<i>Sensation of speed</i>	All participants	5 (3)	5 (2)	6.3 (1.9)
	Participants with low lesions	6 (1.5)	5.6 (1.9)	7.1 (1.7)
	Participants with high lesions	4 (1)	3.3 (2.3)	5.7 (2.2)
<i>Cognitive load</i>	All participants	5 (2)	6.2 (1.8)	5.4 (2)
	Participants with low lesions	5 (2)	6.4 (1.4)	5.4 (1.7)
	Participants with high lesions	5 (2)	5.7 (2.1)	5.3 (2.5)
<i>Satisfaction</i>	All participants	3 (2)	3.2 (1)	3.9 (1)
	Participants with low lesions	3 (2)	3 (0.9)	3.8 (1)
	Participants with high lesions	3 (2)	3.8 (0.9)	4 (0.9)

parameters activated. The hypothesis was thus confirmed only in participants with high lesions.

The increase in TIS found in the high lesion group with use of WPS in the ACTIV condition is not in accordance with the results of a previous study which showed that the use of WPS decreases TIS.[18] However, two participants with high SCI and four participants with low lesions were included in that study and the results were not separated according to the level of the lesion. The results of the present study, obtained in a larger sample of subjects, suggest that these WPS parameters can be useful for persons with high spinal cervical injuries. This was further confirmed by the high rate of word prediction use in the ACTIV condition in this group. It is interesting that despite the increase of around 30% in TIS and the doubling of the rate of use of word prediction in the ACTIV compared with the NOT-ACTIV condition, the participants did not perceive the increase in speed. It is possible that this increase is not perceived because TIS remained very low. Therapists therefore need to be aware of the objective effects of the use of certain software and parameters and must consider the perception of users with caution when prescribing and setting up communication devices for patients, particularly since activation of these parameters did not increase cognitive load. The results also showed that use of WPS did not decrease the number of errors. This may be because the low TIS indirectly limited the number of errors or because the location of onscreen keyboard restricted visual exploration.

In contrast with the high lesion group, activation of the frequency of use and automatic learning parameters did not improve TIS in the low lesion group. However, rate of word prediction use was higher when these parameters were activated. More surprisingly, the results of this study, conducted in a relatively large sample, suggested that when the level of the lesion was at or below C6 Asia AIS A and B [19] TIS was faster without WPS. However, use of WPS did appear to provide some advantages. For example, the number of errors was reduced when the frequency of use and automatic learning parameters were activated. This reduction may result in the sensation of wasting less time to correct errors, even if this was not confirmed objectively. Moreover, regarding the number of errors, this result is in accordance with the data in the literature. Antoine et al. (2007) showed in ten participants with cerebral palsy that WPS did not necessarily increase TIS but reduced the number of errors and fatigue.[20] However, regarding fatigue, the results of the present study do not confirm their results since there was no effect of WPS on fatigue in either group. This difference might be related to the fact that persons with cervical SCI do not experience fatigue to the same extent as persons with brain injury.[21] Indeed, persons with cerebral palsy people frequently have a certain degree of cognitive impairment. Thus typing requires more attention and generates more fatigue. Another factor may be that since all the participants of the present study had been regular computer users since their accidents, they may have built up endurance to text input.

An important result, which arose from this study, is that the activation of the frequency of use and automatic learning parameters influenced either TIS or the number of errors depending on the level of injury. This suggests that inconsistencies in the literature relating to the effect of WPS on TIS may relate to a lack of standardization of the activation of associated parameters across studies [22,16,5] as well as the inclusion of subjects with different levels of cervical injury. In order to fully optimize text input in persons with cervical SCI, it is thus fundamental to study the effects of different software in more detail, mainly the effect of the different parameters within each software. It is also essential to understand the

settings prescribed by health professionals and the criteria on which they base their choices.

It was also surprising to find that the participants did not perceive the objective improvements in TIS with the use of WPS. It is therefore important that therapists should carry out objective measures to aid patients in the choice of software and communication devices. This study involved a single typing session and the WPS was new to all participants. It is possible that a period of training or long-term use of WPS would have allowed improvements to be consolidated and participants to become aware of the benefits of the software and parameters.

Limitations

The difference in the size of the two groups (high and low cervical SCI) may have limited the interpretation of results. Similarly differences in the frequency of use of word processing between subjects could have increased the variability of TIS.

Conclusion

The aims of this study were to determine whether the activation of the frequency of use and automatic learning parameters of WPS affected TIS in persons with cervical SCI. The results showed that the effects differed according to the level of the lesion. In participants with lesions at or below C6, the activation of these parameters decreased the number of errors but did not increase TIS. In contrast, in participants with lesions above C6, the activation of these parameters increased TIS but did not decrease the number of errors. These results demonstrate the importance of appropriately setting WPS parameters both when prescribing systems for patients and in future studies. Finally, participants did not perceive improvements associated with the WPS. It would be interesting to evaluate the effects of a training period with WPS to evaluate if subjects become aware of changes and if further improvements occur.

Acknowledgements

We sincerely thank all the participants of this study.

Disclosure statement

None of the authors have any declaration of interest to report regarding this study.

Funding information

This research is supported by the Paul Bennetot Fondation (Matmut Group Foundation).

References

- [1] Bigot P, Crouette E. La diffusion des technologies de l'information et de la communication dans la société. Rapp réalisé à la demande du Cons Général des Technol l'Information (Ministère l'Economie, des Financ l'Emploi) l'Autorité Régulation des Commun Electron des Postes Cent Rech pour l'Etude l'O. 2013:220.
- [2] Laffont I, Biard N, Bouteille J, et al. Tétraplégie: solutions technologiques de compensation des incapacités découlant de l'atteinte des membres supérieurs. La Lett médecine Phys réadaptation. 2008;24:113–121.

- [3] Betke M, Gips J, Fleming P. The camera mouse: visual tracking of body features to provide computer access for people with severe disabilities. *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng*. 2002;10:1–10.
- [4] Dalton JR, Peterson CQ. The use of voice recognition as a control interface for word processing. *Occup Ther Health Care*. 1997;11:75–81.
- [5] Koester HH, Levine SP. Effect of a word prediction feature on user performance. *Augment Altern Commun*. 1996;12:155–168.
- [6] Lau C, Leary SO. Comparison of computer interface devices for persons with severe physical disabilities. *Am J Occup Ther*. 1993;47:1022–1030.
- [7] DeVries RC, Deitz J, Anson D. A comparison of two computer access systems for functional text entry. *Am J Occup Ther*. 1998;52:656–665.
- [8] Le Pévédic B. *Prédiction Morphosyntaxique Évolutive HandiAS*. Doctoral Thesis. Nantes, France: Ecole Doctorale Sciences de l'Ingénieur; 1997.
- [9] Turpin G, Armstrong J, Frost P, et al. Evaluation of alternative computer input devices used by people with disabilities. *J Med Eng Technol*. 2005;29:119–129.
- [10] MacKenzie IS, Zhang SX. The design and evaluation of a high-performance soft keyboard. *Proc SIGCHI Conf Hum factors Comput Syst CHI is limit – CHI '99*. 1999:25–31.
- [11] Raynal M, Vigouroux N. Genetic algorithm to generate optimized soft keyboard. *CHI '05 Ext Abstr Hum factors Comput Syst – CHI '05* [Internet]. 2005:1729. Available from: <http://portal.acm.org/citation.cfm?doid=1056808.1057008>
- [12] Kushler C. AAC using a reduced keyboard. *Proc CSUN Conf Technol Pers with Disabil CSUN'98 Calif State Univ Nortridge CA*. 2001.
- [13] Harbusch. An evaluation an evaluation study of two button scanning with ambiguous keyboards. In: 7th Conference for the Advancement of Assistive Technology in Europe, AATE'2003. Dublin, Ireland. 2003.
- [14] Wandmacher T, Antoine J, Poirier F, et al. Sibylle, an assistive communication system adapting to the context and its user. *ACM Trans Access Comput*. 2008.
- [15] Pouplin S, Roche N, Hugeron C, et al. Recommendations and settings of word prediction software by health-related professionals for people with spinal cord injury: a prospective observational study. *Eur J Phys Rehabil Med*. 2015; article in press.
- [16] Koester HH, Levine S. Keystroke-level models for user performance with word prediction. *Augment Altern Commun*. 1997;13:239–257.
- [17] Fraval Lye M, Boutard C. *Textzados*. Ortho Edit. Isbergues; 2004.
- [18] Koester HH. Effect of system configuration on user performance with word prediction result for users with disabilities. In: *Proceedings of the RESNA 2000: June 28–July 2*; RESNA Press; 2000.
- [19] Guttmann L. *Spinal cord injuries, comprehensive management and research*. 1st ed. Blackwell Science: Oxford, UK; 1973.
- [20] Antoine J, Maurel D. Aide à la communication pour personnes handicapées et prédiction de texte Problématique, état des lieux et retour sur trente ans. *TAL*. 2007;48:9–46.
- [21] Choi-Kwon S, Jong SK. Poststroke fatigue: an emerging, critical issue in stroke medicine. *Int J Stroke*. 2011;6:328–336.
- [22] Anson D, Moist P, Przywara M, et al. The effects of word completion and word prediction on typing rates using on-screen keyboards. *Assist Technol*. 2006;18:146–154.