

## Artigos originais

# Desempenho motor de crianças e adolescentes com paralisia cerebral durante a execução de tarefas no computador com diferentes periféricos

*Motor performance of children and adolescents with cerebral palsy during the execution of computer tasks with different peripherals*

Marcelo Grandini Spiller<sup>1</sup>

<https://orcid.org/0000-0001-9431-4016>

Mauro Audi<sup>1</sup>

<https://orcid.org/0000-0003-4056-9253>

Lígia Maria Presumido Braccialli<sup>1</sup>

<https://orcid.org/0000-0002-2540-3725>

<sup>1</sup> Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Filosofia e Ciências, Programa de Pós-graduação em Educação, Marília, São Paulo, Brasil.

Fonte de financiamento: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, Edital Universal Processo 474184/2009-9

Conflito de interesses: Inexistente



## RESUMO

**Objetivo:** avaliar a eficácia de uso de diferentes dispositivos de entrada para o acesso ao computador por crianças e adolescentes com paralisia cerebral e verificar a relação do desempenho com a idade e o nível de classificação motora.

**Métodos:** participaram do estudo 14 crianças e adolescentes com paralisia cerebral, com idade entre 6 e 14 anos, com níveis na *Gross Motor Function Classification System* (GMFCS) e na *Manual Ability Classification System* (MACS) de I a V. Foi verificado o desempenho dos participantes durante o uso de tela sensível ao toque, *mouse* convencional e *mouse* ocular, para realizar tarefas específicas com os softwares: o *Discrete Aiming Task 2.0*, o *Tracking Task 2.0* e o *Single Switch Performance Test* (SSPT) 1.0. Foram analisadas as variáveis: tempo de resposta; frequência de erros; tempo médio para acionamento dos dispositivos de entrada, relação entre satisfação com os dispositivos de entrada e o nível de habilidade motora.

**Resultados:** indicaram diferenças significantes no tempo de resposta; na frequência de erros; e no tempo médio para acionamento dependendo do dispositivo de entrada usado, e haver correlação entre o nível de habilidade motora e a satisfação de uso do dispositivo e entre o nível de habilidade manual e a satisfação com o *mouse*.

**Conclusão:** o *mouse* ocular e a tela sensível ao toque foram os dispositivos mais eficazes durante a execução das tarefas no computador pelos participantes do estudo.

**Descritores:** Paralisia Cerebral; Equipamentos de Autoajuda; Educação Especial; Tecnologia da Informação

## ABSTRACT

**Objective:** to assess the effectiveness of using different input devices for computer access by children and adolescents with cerebral palsy and to verify the relationship of performance with age and level of motor classification.

**Methods:** the study included 14 children and adolescents with cerebral palsy, aged 6 to 14 years, with Gross Motor Function Classification System (GMFCS) and Manual Ability Classification System (MACS) levels from I to V. The participants' performance was observed during the use of touch screen, conventional mouse and eye tracking mouse in performing specific tasks with softwares Discrete Aiming Task 2.0, Tracking Task 2.0 and Single Switch Performance Test (SSPT) 1.0. The following variables were analyzed: response time, frequency of errors, mean time to activate input devices, relationship between satisfaction with input devices and motor skill level.

**Results:** results indicated significant differences in response time, frequency of errors, and triggering mean time depending on the input device used, and correlation between the motor ability level and satisfaction, using the device, and between the level of manual ability and satisfaction with the mouse.

**Conclusion:** the eye tracking mouse and the touch screen were the most effective devices during the execution of tasks on the computer by study participants.

**Keywords:** Cerebral Palsy; Self-Help Devices; Special Education; Information Technology

Recebido em: 11/02/2019

Aceito em: 09/07/2019

### Endereço para correspondência:

Lígia Maria Presumido Braccialli  
Avenida Hygino Muzzi Filho, 737  
Bairro: Mirante  
CEP 17.525-900 - Marília, São Paulo,  
Brasil  
E-mail: [bracci@marilia.unesp.br](mailto:bracci@marilia.unesp.br)

## INTRODUÇÃO

O computador tem sido apontado como um importante dispositivo de tecnologia assistiva (TA). Esse recurso possibilita uma maior participação, das crianças com grave comprometimento motor e de comunicação, na escola, nas atividades de vida diária, de lazer e social<sup>1-3</sup>.

Paradoxalmente, verifica-se a subutilização do computador por esses indivíduos, apesar de uma ampla gama de dispositivos de TA disponíveis<sup>1,4</sup>. Especialmente, as crianças em idade escolar com paralisia cerebral (PC) passam menos tempo em computadores do que as crianças com desenvolvimento típico<sup>4</sup>, devido as dificuldades de acesso ao computador: (a) falta de conhecimento sobre os recursos disponíveis; (b) poucos profissionais treinados para o uso dos dispositivos; (c) falta de financiamento de recursos para essa população; (d) complexidade inerente à sua condição, (e) avaliações inadequadas; (f) falta de seguimento<sup>1</sup>.

Apesar das interfaces convencionais para acesso ao computador, como *mouse*, teclado ou *joystick*, serem difíceis de controlar<sup>5</sup>, as pessoas com dificuldades motoras em membros superiores ainda fazem uso dessa tecnologia padrão<sup>6,7</sup>.

Atualmente tem-se disponível uma variedade de métodos e dispositivos de interação para melhorar o acesso físico ao computador, porém, ainda existem barreiras para o uso dessas tecnologias: financiamento insuficiente, falta de formação de pessoal, atitudes negativas na escola, e o custo<sup>8</sup>.

Ainda, existe a necessidade de desenvolvimento de interfaces de computador que atendam às necessidades de todos os indivíduos, ou seja, tecnologia que acomoda uma diversidade de necessidades<sup>9</sup>.

Davies et al.<sup>6</sup> entrevistou jovens com dificuldades nos membros superiores, devido a PC, identificou que a maioria prefere o *mouse* normal para acessar os computadores, à mão para o movimento do cursor e o clique com o dedo para seleção de alvos. O estudo sugeriu que há várias razões pelas quais os jovens com PC usam o *mouse* padrão ou modificado, que incluem a falta de tecnologia de assistência fornecida em um ambiente de educação e menos restrições nos diferentes locais de acesso<sup>6</sup>. Portanto, a decisão mais pragmática é usar um *mouse* padrão em todos os locais.

Para usar o *mouse* é necessário que os usuários tenham movimentos precisos. Mesmo as pessoas sem deficiência não usam o *mouse* perfeitamente sem erros

ou ensaios adicionais na primeira vez. Para acessar arquivos no computador com o *mouse* é preciso realizar as tarefas de apontar e clicar. O desempenho nestas tarefas é prejudicado por muitos fatores, incluindo a fadiga, a precisão, a posição e coordenação olho-mão<sup>8</sup>.

A utilizar a interface convencional, a pessoa com deficiência muitas vezes precisa adotar padrões posturais inadequados que aumenta o seu desgaste físico. Assim, esses usuários apontam que apesar do computador aumentar sua independência e o controle de suas atividades, o esforço ao usar essa tecnologia às vezes é maior do que os benefícios<sup>7</sup>.

Por outro lado, tem havido a preocupação em desenvolver *softwares* para melhorar a acessibilidade dos dispositivos de entrada para os usuários com deficiência nos membros superiores. Recentemente, tela sensível ao toque, acionador pela interação corporal e dispositivos de acesso por voz têm sido incorporado em telefones celulares e outros dispositivos baseados em tecnologia como o *Microsoft Kinect*<sup>4</sup>. Kinect é um sensor de movimento que permite o acesso aos jogos, para os consoles Xbox, sem o uso de controles ou joysticks.

Um estudo realizado sobre um programa de reabilitação de acesso ao computador com o uso do acionador, com seis crianças com paralisia cerebral que eram incapazes de utilizar o *mouse* tradicional, mostrou-se adequado e acessível. Todas as crianças aumentaram a participação na fase de intervenção e generalizaram para as atividades em casa<sup>10</sup>.

O acesso ao computador por meio de tecnologia *touchscreen* tem aumentado e melhorado em relação a sensibilidade e a disponibilidade durante a última década. No entanto, para os indivíduos com deficiência física grave, esses dispositivos parecem permanecer em grande parte inacessível. Os usuários com deficiência têm relatado limitações de uso, em particular as que se referem a alternar os controles e os gestos armazenados; o ajuste do tempo de clique, a impossibilidade de alternar ou ajustar a funcionalidade de deslizamento, impossibilidade de modificar a localização, o tamanho, a forma e a orientação de muitos botões e barras de ferramentas<sup>11</sup>.

Os dispositivos mais recentes de acesso ao computador são baseados em *webcams* ou sensores infravermelhos. Esse tipo de interface parece ser uma forma mais natural de apontar, da mesma forma como as pessoas tendem a olhar para o objeto que deseja interagir e não exigem do usuário qualquer contato com

o corpo. Nestas abordagens, o sistema pode controlar tanto o movimento da cabeça, ou do movimento da pupila em relação à cabeça. Outras abordagens não usam imagens de vídeo, mas detectam as intenções do usuário medindo a atividade córnea-retina ou por meio de sinais biológicos tais como atividade eletroencefalográfica, ou atividade muscular<sup>5</sup>.

Muitas dúvidas ainda existem em relação aos dispositivos de rastreamento dos olhos e da cabeça. Nesse sentido, a formação clínica e o suporte contínuo requerido nessa tecnologia para suportar as necessidades de comunicação ao longo do tempo, ainda estão para ser compreendidos, faltam informações sobre como as condições ambientais adversas afetam a estabilidade da tecnologia e o *desempenho* das exigências físicas do uso a longo prazo destes sistemas e qual o tempo diário que esses indivíduos podem gastar usando a tecnologia para apoiar as suas necessidades de comunicação, e de acesso ao computador<sup>12</sup>.

Em estudo realizado com dois estudantes com paralisia cerebral do tipo atetóide concluiu que o *Camera Mouse* dispositivo de acesso ao computador por meio dos movimentos de cabeça ou o rosto foi vantajoso em relação ao uso de um dispositivo de acesso ao computador por meio do controle ocular. Quanto ao dispositivo com o controle ocular, devido aos movimentos involuntários, os participantes se moviam continuamente para fora do campo de captura o que dificultava o desempenho<sup>13</sup>.

Outro estudo realizado com sete alunos com paralisia cerebral, com idades entre 5 e 15 anos, que necessitavam total assistência em todas as atividades na escola indicou que o uso de dispositivo de controle do computador pelo olhar associado a um *software* de comunicação pode favorecer a inclusão, e os alunos puderam controlar o computador e se expressarem. Porém, os professores consideraram que leva tempo para aprender controlar um computador pelo olhar e realizar as adequações individuais para cada aluno<sup>14</sup>.

Uma pesquisa que investigou o impacto da tecnologia de controle do computador por meio do olhar nas atividades diárias de crianças com grave comprometimento motor e de comunicação concluiu que esse tipo de tecnologia teve impacto positivo no repertório e na oportunidade de atividades<sup>3</sup>.

Ainda hoje o processo de seleção de um dispositivo de acesso ao computador é feito por tentativa e erro devido a falta de um modelo preditivo válido para dirigir esse processo.

Esse estudo teve como objetivos avaliar a eficácia de uso de diferentes dispositivos de entrada para o acesso ao computador por crianças e adolescentes com paralisia cerebral e verificar a relação do desempenho com os diferentes dispositivos com a idade e o nível de classificação motora.

## MÉTODOS

Estudo com delineamento metodológico de pesquisa quase experimental com amostra de conveniência. O projeto foi encaminhado ao Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Filosofia e Ciências – UNESP Marília e aprovado com número 0957/2014.

## Participantes

Participaram do estudo 14 indivíduos, crianças e adolescentes, com diagnóstico de paralisia cerebral, 10 do gênero masculino e 4 do gênero feminino, com idade entre 7 e 14 anos (Figura 1). Utilizou-se como critério de inclusão ter diagnóstico clínico de paralisia cerebral, não apresentar alterações visuais que impossibilitasse a execução das atividades, compreender os comandos para execução das tarefas e serem usuários de computador. Todos os responsáveis pelos participantes assinaram o Termo de Consentimento e o Termo de Assentimento foi lido para todos os participantes que concordaram em participar.

Participante	Idade	Sexo	GMFCS	MACS	Diagnóstico Topográfico	Mouse	Toque	Mouse Ocular
P1	6	F	II	I	Hemiplégico espástico	C	C	C
P2	14	M	V	V	Quadriplégico coreo-atetóide	NC	C	C
P3	10	M	V	V	Quadriplégico espástico	NC	NC	C
P4	8	M	IV	II	Diplégico espástico	C	C	C
P5	10	M	V	V	Quadriplégico atetóide	NC	C	NC
P6	13	F	V	V	Quadriplégico atetóide	NC	C	C
P7	13	M	I	I	Hemiplégico espástico	C	C	C
P8	9	M	IV	III	Quadriplégico espástico	NC	C	C
P9	13	M	I	I	Diplégico espástico	C	C	C
P10	10	M	III	IV	Diplégico espástico	C	C	C
P11	10	F	II	III	Diplégico espástico	C	C	C
P12	9	M	I	II	Hemiplégico espástico	C	C	C
P13	14	M	III	II	Diplégico espástico	C	C	C
P14	6	F	II	I	Hemiplégico espástico	C	C	C

\*C = consegue utilizar o periférico; NC = não consegue utilizar o periférico

GMFCS = Sistema de Classificação da Função Motora Grossa; MACS = Sistema de Classificação da Habilidade Manual

**Figura 1.** Características dos participantes do estudo em relação a classificação da paralisia cerebral, diagnóstico topográfico e capacidade de utilização de periféricos para acesso ao computador

## Procedimentos para coleta de dados

Para a coleta de dados cada participante foi posicionado sentado em uma cadeira, com postura adequada, que favorecia a visão do monitor de um *notebook* com tela sensível ao toque, que estava disposto em um suporte sobre a mesa a sua frente. Foi realizada a mensuração da altura da mesa, da distância do monitor em relação a cabeça do participante, e do ângulo do suporte de *notebook*, para garantir que todas as intervenções ocorressem em uma mesma posição. Em relação ao posicionamento, cada participante foi acomodado em uma cadeira adaptada de modo que o quadril, joelhos e tornozelos ficaram em 90°, e uma mesa com recorte em semicírculo foi colocada a sua frente, a altura da mesa foi ajustada de forma que cada participante não realizasse uma flexão excessiva de ombros para apoiar o seu membro superior.

## Protocolo Experimental

O membro superior dominante foi posicionado em um ponto inicial demarcado na mesa e o outro membro apoiado sobre a mesa, para não interferir no movimento do membro dominante durante a execução da atividade com o *mouse* e com o toque na tela. A tarefa consistiu em acionar o alvo na tela do

computador o mais rápido possível, em cada tarefa específica com cada *software*.

O monitor do computador utilizado foi posicionado de forma que o centro da tela ficasse posicionado a uma distância correspondente ao alcance máximo de cada participante. O alcance máximo é uma forma de mensuração antropométrica que consiste em determinar um eixo hipotético do membro superior centrado na articulação do ombro e a partir desse ponto desenha-se um raio que é igual ao comprimento do membro superior<sup>15,16</sup>, para garantir que todos os participantes tivessem acesso ao alvo quando fizessem o uso da tela sensível ao toque.

Para este estudo foram adotados três dispositivos de entrada: *mouse*, tela sensível ao toque e o *mouse ocular Tobii PCEye GO*, que foram utilizados durante a realização de atividades nos *softwares Discrete Aiming Task v.2.0, Tracking Task v.2.0 e Single Switch Performance Test (SSPT)*.

O *mouse ocular* foi calibrado para cada participante, antes de iniciar a coleta de dados. A seguir, cada criança praticou pelo menos três dias as atividades propostas nos *softwares, Discrete Aiming Task v.2.0, Tracking Task v.2.0 e Single Switch Performance Test (SSPT)*, com os três tipos de dispositivos de entrada,

*mouse*, *mouse* ocular *Tobii PCEye GO* e tela sensível ao toque.

No *software Discrete Aiming Task* o participante realizou a tarefa de clicar dentro de duas placas finas alternadamente. Foi estipulado o número total de dois cliques para realizar a tarefa, e foram computados o tempo total para execução da tarefa. No *software Tracking Task* o participante teve que manter o cursor do *mouse* dentro de um círculo azul que mudava diversas vezes de direção na tela do computador durante 10 segundos. Para o *software Single Switch Performance Test (SSPT)* era realizado o clique todas as vezes que aparecesse uma tela amarela no computador.

A coleta de dados foi realizada em um único dia, previamente agendada. Durante a coleta, o participante executou todas as tarefas dos *softwares* treinadas anteriormente. A ordem de execução foi ao acaso, feita por sorteio, antes de cada da coleta.

### Procedimentos de análise de dados

Foi realizada análise estatística descritiva por meio de média e desvio padrão para as variáveis estudadas. Para as variáveis tempo total de resposta (s), frequência de erros durante a execução da tarefa e tempo médio de acionamento verificou-se a similaridade entre os grupos por meio do teste Friedman para amostras

dependentes. Quando houve diferença estatisticamente significativa, procedeu-se à comparação de dois a dois por meio do teste de Comparação de Dunn. Para verificar se havia relação entre as variáveis, nível de gravidade (GMFCS e MACS) e idade, com os dispositivos de entrada foi utilizado o teste de Correlação de Spearman. Foi considerado:  $r = 0,10$  até  $0,30$  (fraco);  $r = 0,40$  até  $0,6$  (moderado);  $r = 0,70$  até  $1$  (forte). A verificação da normalidade dos dados foi realizada por meio do teste de Kolmogorov-Smirnov. Adotou-se, para todos os testes, o nível de significância de 5% de probabilidade para a rejeição da hipótese de nulidade.

### RESULTADOS

Os resultados foram apresentados em relação as variáveis: 1) tempo total de resposta; 2) frequência de erros; 3) tempo médio para acionamento dos dispositivos de entrada; 4) relação entre satisfação com os dispositivos de entrada e o nível de habilidade motora.

O tempo total de resposta durante o uso do *software Discrete Aiming Task v.2.0* ( $p = 0.0479$ ); tempo médio ( $p = 0,0022$ ) de acionamento dos dispositivos de entrada durante a execução da atividade com o *software SSPT* e a frequência de erros durante o uso do *software Tracking Task v.2.0* ( $p = 0.0092$ ) tiveram diferenças significantes (Tabela 1).

**Tabela 1.** Resultados obtidos para as variáveis estudadas durante o acionamento do *computador* com os diferentes dispositivos de entrada por meio do teste de Friedman

	tempo total de resposta (s) média ( $\pm$ DP) *	Tempo médio para acionamento (s) média ( $\pm$ DP) **	Frequência de erros média ( $\pm$ DP) ***
Toque	2,89 ( $\pm$ 2,02)	36,14 ( $\pm$ 37,16)	7,83 ( $\pm$ 5,02)
Mouse	4,66 ( $\pm$ 3,35)	35,3 ( $\pm$ 31,19)	11,4 ( $\pm$ 5,93)
Mouse ocular	5,85 ( $\pm$ 4,65)	141,30 ( $\pm$ 41,66)	3,71 ( $\pm$ 3,07)

\* $p = 0.0479$  \*\* $p = 0.0022$  \*\*\* $p = 0.0092$   
DP= desvio padrão

A comparação entre os diferentes dispositivos indicou que existe diferença significativa para: a variável tempo total de resposta durante a tarefa de acionamento executada no *software Discrete Aiming Task v.2.0* quando foi utilizado o toque e o *mouse* ocular; tempo médio de acionamento dos dispositivos de entrada durante a execução da atividade com o

*software SSPT* quando comparado os acionamentos *mouse* e *mouse* ocular e para frequência de erros, durante o uso do *software Tracking Task v.2.0*, quando comparado o acionamento pelo *mouse* e pelo *mouse* ocular e o acionamento realizado com toque e *mouse* ocular (Tabela 2).



**Tabela 2.** Comparação dois a dois, por meio do teste de Dunn, para as variáveis estudadas durante as tarefas de acionamento do computador com os diferentes dispositivos

		toque	mouse ocular
tempo total de resposta (s)	mouse	>0.05	>0.05
	toque	-	<0.05*
Tempo médio para acionamento (s)	mouse	>0.05	<0.01**
	toque	-	>0.05
Frequência de erros	mouse	>0.05	<0.01**
	toque	-	<0.05*

Valor de p \*significante \*\*extremamente significante

O teste de Spermann indicou haver correlação negativa entre o nível de habilidade motora e satisfação em relação ao toque e *mouse* e uma correlação

negativa entre o nível de habilidade manual (MACS) e a satisfação com o *mouse* (Tabela 3).

**Tabela 3.** Correlação entre as variáveis idade, Sistema de Classificação da Função Motora Grossa, Sistema de Classificação da Habilidade Manual e satisfação com os dispositivos de entrada pelo teste de Spermann

	Mouse ocular p (r)	Toque p (r)	Mouse p (r)
Idade	0.138 (0.40)	0.786 (-0.07)	0.59 (-0.14)
GMFCS	0.807 (0.068)	0.03 (-0.55)*	0.01 (-0.60)*
MACS	0.267 (0.30)	0.1936 (-0.41)	0.01 (-0.63)*

Valor de p \*significante

GMFCS = Sistema de Classificação da Função Motora Grossa; MACS = Sistema de Classificação da Habilidade Manual

## DISCUSSÃO

Os resultados indicaram que o *mouse* ocular tem um efeito positivo no desempenho de crianças com paralisia cerebral, uma vez que a taxa de erro foi menor com o uso desse dispositivo, porém o tempo de execução da tarefa foi maior. Esses resultados são semelhantes àqueles encontrados por outros autores, que indicaram que essa tecnologia traz contribuição em relação a independência na execução de tarefas, porém o usuário com deficiência, bem como seus professores, cuidadores e terapeutas necessitam de treinamento<sup>3,14</sup>.

O sucesso do uso do *mouse* ocular quando comparado ao *mouse* em tarefas de seleção de alvo, em indivíduos com comprometimentos motores, também pode ser constatado no trabalho de Mollenbach, Stefansson e Hanson. Os autores concluíram que para as tarefas de navegar e pesquisar as respostas foram indistinguíveis, entretanto, nas tarefas de seleção de alvo, o *mouse* ocular foi 16% mais rápido que o *mouse* tradicional<sup>17</sup>.

Os resultados de satisfação também demonstraram que maioria dos participantes parece estar satisfeita com a tela sensível ao toque e com o *mouse* ocular, dados que corroboram com os achados de outros pesquisadores<sup>18</sup>.

Os resultados encontrados no presente estudo diferem dos achados de Davies et al. que relataram que a maioria de jovens com PC, ainda prefere o uso do *mouse* convencional usado comumente para acessar o computador e a tela sensível ao toque para a seleção de alvos<sup>6</sup>. Apesar do *eye tracker* não estar disponível rotineiramente no ambiente escolar, domiciliar ou terapêutico, os resultados indicaram que essa população pode se beneficiar de tais dispositivos.

Apesar da maior eficiência e satisfação com o uso do *mouse* ocular, quando se tem como referencial a taxa de erros, os usuários tiveram uma tendência a realizarem atividades de forma mais rápida quando usaram o *mouse* convencional. Essas informações parecem ter relação com a disponibilidade e o treino do uso com o

*mouse* convencional nos diferentes ambientes, apesar de serem ineficazes para essa população.

## CONCLUSÕES

Em relação a taxa de erros durante a execução de uma tarefa em computador, crianças com paralisia cerebral tiveram um melhor desempenho com o uso dos dispositivos de entrada com o *mouse* ocular e a tela sensível ao toque. No entanto, em relação ao tempo de execução da tarefa, os participantes foram mais eficientes com o uso do *mouse* convencional. Os resultados também indicaram haver uma correlação negativa entre satisfação dos participantes e o uso do *mouse* convencional.

## AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pelo auxílio financeiro concedido.

## REFERENCIAS

- Hoppestad BS. Inadequacies in computer access using assistive technology devices in profoundly disabled individuals: an overview of the current literature. *Disabil Rehabil Assist Technol*. 2007;2(4):189-99.
- Hung Y-C, Charles J, Gordon AM. Bimanual coordination during a goal-directed task in children with hemiplegic cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol*. [Internet]. novembro de 2004 [cited 2010 sept 30];46(11):746-53. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19851759>
- Borgestig M, Sandqvist J, Ahlsten G, Falkmer T, Hemmingsson H. Gaze-based assistive technology in daily activities in children with severe physical impairments—An intervention study. *Dev Neurorehabil* [Internet]. 2016 [cited 2017 jan 10];8423(April):1-13. Available from: <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.3109/17518423.2015.1132281>
- Chou C-J, Huang W-N, Tsai M-H. Browsing without clicking – two proposals of web interface design for universal accessibility. *Procedia Manuf Elsevier BV* [Internet]; 2015 [cited 2016 Aug 16]; 3(Ahfe):6290-7. Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351978915008100>
- Raya R, Roa JO, Rocon E, Ceres R, Pons JL. Wearable inertial mouse for children with physical and cognitive impairments. *Sensors Actuators, A Phys Elsevier BV* [Internet]; 2010 [cited 2010 dec 15];162(2):248-59. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.sna.2010.04.019>
- Davies TC, Mudge S, Ameratunga S, Stott NS. Enabling self-directed computer use for individuals with cerebral palsy: a systematic review of assistive devices and technologies. *Dev Med Child Neurol* [Internet]. 2010 [cited 2015 Aug 12];52(6):510-6. Available from: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1469-8749.2009.03564.x>
- Dorrington P. User-centered design method for the design of assistive switch devices to improve user experience, accessibility and independence. *J usability Stud*. 2016;11(2):66-82.
- Almanji A, Davies C, Amor R. Examining dynamic control-display gain adjustments to assist mouse-based pointing for youths with cerebral palsy. *Int J Virtual Worlds Hum Comput Interact* [Internet]. 2015 [cited 2016 aug 16];3(1). Available from: <http://vwhci.avestia.com/2015/001.html>
- Stephanidis C. User interfaces for all - new perspectives into human-computer interaction. In: *User Interfaces for all - Concepts, Methods, and Tools*. 2001. p. 3-17.
- Stasolla F, Damiani R, Perilli V, D'Amico F, Caffo AO, Stella A et al. Computer and microswitch-based programs to improve academic activities by six children with cerebral palsy. *Res Dev Disabil*. 2015;45-46:1-13.
- Wiegand K, Patel R. Impact of motor impairment on full-screen touch interaction. *J Technol Pers wirh Disabil*. 2015;3(22):58-76.
- Fager S, Beukelman DR, Fried-Oken M, Jakobs T, Baker J. Acess interface strategies. *Assist Technol*. 2011;24(1):25-34.
- Man DWK, Wong M-SL. Evaluation of computer-access solutions for students with quadriplegic athetoid cerebral palsy. *Am J Occup Ther* [Internet]. 2007 [cited 2016 Aug 16];61(3):355–64. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17569393>
- Rytterström P, Borgestig M, Hemmingsson H. Teachers' experiences of using eye gaze-controlled computers for pupils with severe motor impairments and without speech. *Eur J Spec Needs Educ* [Internet]. 2016 [cited 2017 jan 17];31(4):506-19. Available from: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/08856257.2016.1187878>
- Jarosz E. Determination of the workspace of wheelchair users. *Int J Ind Ergon* [Internet]. fevereiro de 1996 [cited 2017 jan 17];17(2):123-33.

- Available from: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/0169814195000445>
16. Nowak E. The role of anthropometry in design of work and life environments of the disabled population. *Int J Ind Ergon* [Internet]. 1996 [cited 2017 jan 17];17(2):113-21. Available from: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/0169814195000437>
  17. Mollenbach E, Stefansson T, Hansen JP. All eyes on the monitor: gaze based interaction in zoomable, multi-scaled information-spaces. *Proc 13th Int Conf Intell user interfaces* [Internet]. 2008 [cited 2017 jan 17];42:373-6. Available from: <http://portal.acm.org/citation.cfm?id=1378833>
  18. Caligari M, Godi M, Guglielmetti S, Franchignoni F, Nardone A. Eye tracking communication devices in amyotrophic lateral sclerosis: Impact on disability and quality of life. *Amyotrophic Lateral Sclerosis and Frontotemporal Degeneration*. 2013 [cited 2017 jan 17];14(7-8):546-52. Available from: [https://www.researchgate.net/publication/247770106\\_Eye\\_tracking\\_communication\\_devices\\_in\\_amyotrophic\\_lateral\\_sclerosis\\_Impact\\_on\\_disability\\_and\\_quality\\_of\\_life](https://www.researchgate.net/publication/247770106_Eye_tracking_communication_devices_in_amyotrophic_lateral_sclerosis_Impact_on_disability_and_quality_of_life)