



<https://cbs.ui.ac.ir/?lang=en>

Journal of Research in Cognitive and Behavioral Sciences
E-ISSN: 2345-3524
Vol. 10, Issue 2, No.19, Autumn and winter 2021, P:117-128

Research Article

Eye tracking function in the early detection of mild cognitive impairment (MCI)

Ashkboos Akbari: MA in Psychology, Faculty of Education and Psychology, University of Isfahan, Isfahan, Iran
ashkboos.akbari1371@gmail.com

Mahgol Tavakoli*: Assistant Professor, Department Of Psychology, Faculty of Education and Psychology, University of Isfahan, Isfahan, Iran
m.tavakoli@edu.ui.ac.ir

Amirhasan Monajemi: Professor, Department of Artificial Intelligence Engineering, Faculty of Computer Engineering, University of Isfahan, Isfahan, Iran
monadjemi@eng.ui.ac.ir

Abstract

Early detection of dementia in the elderly has always been challenging. This study aimed to evaluate the eye tracking of the elderly to assess the ability of this tool in the early detection of mild cognitive impairment as the prodromal stage for dementia. For this purpose, 60 elderly people of Farhangian Retirees Association in Isfahan were selected by convenience sampling and NUCOG test was performed on them for screening. Then, three groups of 8 people (healthy, with dementia and mild cognitive impairment) were randomly selected and evaluated in eye-tracking tasks. The results showed that the healthy elderly had the highest and the elderly with dementia the least attention and recurrence of repetitive images in a two-minute pause. Individuals with mild cognitive impairment were significantly between these two spectrums ($P < 0/01$). It seems that with the help of eye-tracking, a quick and inexpensive diagnosis for mild cognitive impairment can be achieved.

Keywords: dementia, mild cognitive impairment, eye movement

* Corresponding author

Copyright©2021, University of Isfahan. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>), which permits others to download this work and share it with others as long as they credit it, but they can't change it in any way or use it commercially



کارکرد ردیابی چشمی در تشخیص زودرس نقص خفیف شناختی (MCI)

اشکبوس اکبری: کارشناسی ارشد روانشناسی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران

ashkboos.akbari1371@gmail.com

ماهگل توکلی*: استادیار گروه روانشناسی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران (نویسنده مسئول)

m.tavakoli@edu.ui.ac.ir

امیر حسن منجمی: استاد گروه مهندسی هوش مصنوعی، دانشکده مهندسی کامپیوتر، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران

monadjemi@eng.ui.ac.ir

چکیده

تشخیص زودهنگام دمانس در سالمندان همواره دشوار بوده است. هدف پژوهش حاضر بررسی حرکات چشم سالمندان به منظور سنجش توانایی این ابزار در تشخیص زودرس نقص خفیف شناختی به عنوان مرحله پیش درآمد دمانس است. بدین منظور، 60 نفر از سالمندان کانون بازنشستگان فرهنگیان شهر اصفهان به شکل در دسترس انتخاب شدند و آزمون NUCOG به منظور غربالگری بر روی آنها انجام شد. سپس 3 گروه 8 نفره (سالم، مبتلا به دمانس و مبتلا به نقص خفیف شناختی) به شکل تصادفی انتخاب و در تکالیف ردیابی چشمی بررسی شدند. نتایج نشان داد سالمندان سالم بیشترین و سالمندان مبتلا به دمانس کمترین میزان توجه و یادآوری تصویر تکراری را در مکث دودقیقه‌ای مبذول داشتند. افراد مبتلا به نقص خفیف شناختی به شکل معنی‌داری بین این دو طیف بودند ($P < 0/01$). به نظر می‌رسد با کمک ردیابی چشمی بتوان به تشخیص سریع و کم‌هزینه‌ای برای نقص خفیف شناختی دست یافت.

واژگان کلیدی: دمانس، نقص خفیف شناختی، حرکات چشم.

مقدمه

در جوامع امروزی به‌علت ارتقای سطح بهداشت و سلامتی، تعداد سالمندان رو به افزایش است. طبق آمار به‌دست‌آمده حدود ۸۵۰ میلیون نفر از جمعیت جهان را افراد سالمند بالای ۶۰ سال تشکیل می‌دهند. از آنجایی که جمعیت اکثر کشورهای جهان رو به پیری است، این قشر در آینده‌ی نه‌چندان دور، درصد زیادی از جمعیت را به خود اختصاص خواهند داد؛ بنابراین، برنامه‌ریزی برای فهم دقیق‌تر فرایندهای عصب‌روان‌شناختی و نحوه‌ی گذار از یک مغز سالم به مغزی فراموش‌کار و نامطمئن لازم است. سالمندان، آسیب‌پذیری بالایی در برابر شرایط محیطی ناسالم دارند و توانایی سازگاری در تعدادی از آنها به‌دلیل ضعف جسمانی و شناختی نسبت به گذشته‌ی آنها افت ملامی می‌کند. اگرچه سالمندان مصداق پرورش‌دهندگی، تجربه و خرد در جامعه هستند، ضعف و بیماری آفت سالمندی است و آنها را از کارکردهای سازنده و موکد خود برای جامعه دور می‌کند. این قشر رو به‌رشد در این مرحله از زندگی مستعد ابتلا به بیماری‌هایی هستند که ناشی از سن و بدکارکردی‌های طبیعی بدن است. همچنین، افراد سالمند نسبت به گروه جوان به‌دلیل استفاده‌ی بیشتر از داروها در معرض عوارض دارویی بیشتری هم قرار می‌گیرند (کریستانی، مسوتی، کوراتی و همکاران، 2019).

دوره‌ی سالمندی با شروع بعضی بیماری‌ها مثل دمانس^۴، دیابت، فشار خون، بیماری‌های قلبی عروقی، و عود بعضی دیگر از بیماری‌هایی که در دوره‌ی میانسالی، فرد به آنها توجه چندانی نداشته، همراه است. غالباً در سالمندان پاتولوژی‌های نهفته‌ای وجود دارد و در صورتی که آسیب یا ضایعه‌ی دیگری به آنها اضافه

شود، بروز می‌کند (سمندری، 1392). دمانس هم یکی از بیماری‌های اصلی سالمندی است و با افزایش هر سال به سن سالمند، احتمال درگیر شدن با آن نیز بالا می‌رود. تشخیص‌گذاری دمانس براساس نمره به‌دست‌آمده در آزمون NUCOG صورت می‌گیرد؛ به‌طوری‌که نمرات کمتر از 75 نشان‌دهنده‌ی ابتلا به دمانس است. پژوهش‌ها نشان داده است اگر برای دمانس درمان‌شدنی در مراحل اولیه‌ی آن مداخله‌ای صورت نگیرد، آسیب مغزی برگشت‌ناپذیر می‌شود؛ بنابراین، تشخیص زودهنگام و به‌موقع زوال عقل و فهم عناصر و مؤلفه‌های شناختی که در این دوره‌ی پیش‌درآمدی^۵، آسیب بیشتری می‌بیند، در روند بازگشت‌پذیری و درمان بسیار مؤثر و مهم است. به‌عبارتی صحیح‌تر، دوره‌ی طلایی تشخیص‌گذاری و شروع درمان برای دمانس بسیار حائز اهمیت است و نباید مغفول واقع شود. یکی از شایع‌ترین انواع دمانس، آلزایمر (AD) است که دوره‌ی ۱۰ تا ۱۵ ساله دارد که با فراموش‌کاری‌های جزئی شروع می‌شود و با ازدست‌دادن کلیه‌ی توانایی‌های کلامی، ناتوانی در کنترل ادرار و ازدست‌دادن مهارت‌های روانی-حرکتی، خاتمه می‌یابد (ویلز، بیکن و انگلبرگ^۶، 2020). این طیف وسیع تغییرات، مرزبندی بین سالمندی سالم را با فردی که به دمانس از نوع آلزایمر مبتلاست، دشوار کرده است. به‌نوعی، تبیین مرحله‌ی گذار از سالمندی طبیعی به دمانس، به‌علت وجود مرزهای شناختی و پاتولوژیک مبهم بین این دو، مشکل به نظر می‌رسد. پژوهشگران یکی از مراحل پیش‌درآمد برای دمانس را بیماری نقص خفیف شناختی^۶ (MCI) می‌دانند که نقصان حافظه را در برمی‌گیرد؛ ولی نه به‌اندازه‌ای که ملاک‌های لازم برای تشخیص‌گذاری دمانس را برآورده کند و نه به‌اندازه‌ای که در سالمندان سالم شایع باشد. براساس آزمون NUCOG افرادی مبتلا به نقص خفیف شناختی

⁴ Prodromal

⁵ Wiels, Baeken & Engelborghs

⁶ Mild Cognitive Impairment (MCI)

¹ Crestani, Masotti & Corradi

² Dementia

³ Pathology

گرفته است و سعی شده ملاک‌های این اختلال مورد توافق اکثر بالینی‌گران قرار گیرد (پورتر، اوست، ویزر^۶ و همکاران، ۲۰۰۶؛ ووکسیمما، مک‌اووی، هالند^۷ و همکاران، 2020). هدف پژوهش حاضر استفاده از روش ردیابی چشمی برای بررسی حرکات چشم هنگام انجام دادن تکالیف شناختی است تا تفاوت‌های بین افراد بیمار و سالم تبیین شود و همچنین این سؤال بررسی شود که: آیا می‌توان از داده‌های ردیابی چشمی به‌عنوان ابزار تشخیصی استفاده کرد؟

روش

طرح پژوهش و شرکت کنندگان

این پژوهش توصیفی از نوع مقایسه‌ای است که به ارزشیابی توانایی‌های شناختی سالمندان و تشخیص‌گذاری بر روی آنها و سپس بررسی حرکات چشم می‌پردازد. همچنین، هدف این پژوهش سنجش کارکرد ردیابی چشمی به‌منظور تشخیص زودهنگام نقص خفیف شناختی است. شرکت کنندگان در مرحله غربال‌گری و تشخیص‌گذاری 60 نفر از سالمندان مراجعه‌کننده به کانون بازنشستگان فرهنگیان شهر اصفهان بودند که با روش دردسترس انتخاب شدند و پس از اجرای آزمون غربال‌گری NUCOG و تشخیص‌گذاری ابتدایی، 24 نفر به‌عنوان گروه نمونه بررسی شدند. سپس تکالیف مربوط به ردیابی چشمی برای همه آزمودنی‌ها در سه گروه با فرایند یکسان انجام شد. به‌طور کلی، نمونه شامل سه گروه بود:

(1) گروه سالمندان مبتلا به MCI: 8 نفر از سالمندان که با انجام آزمون غربال‌گری نمره‌ای بین ۸۵-۷۵ کسب کرده‌اند و مبتلا به MCI تشخیص‌گذاری شده‌اند.

(2) گروه سالمندان مبتلا به دمانس: 8 نفر از سالمندان که با انجام آزمون غربال‌گری در آزمون

تشخیص‌گذاری می‌شوند که نمراتی بین 85-75 داشته باشند. به‌نوعی، نقص خفیف شناختی پلی بین سالمندی سالم با همه فراموش‌کاری‌های معمول و سالمندی مبتلا به دمانس با سیری پیش‌رونده و تخریب‌گر است. پژوهش‌ها نشان داده است افراد مبتلا به MCI با گذشت هر سال ۶ تا ۱۵ درصد احتمال دارد که به دمانس مبتلا شوند. البته در این بین، افرادی هم هستند که از نقص خفیف شناختی به حالت طبیعی بازگشت می‌کنند. با این حال، اکثر فراتحلیل‌ها نشان می‌دهد ۳۰ تا ۵۰ درصد از افراد مبتلا به MCI در طی ده سال بعدی به دمانس مبتلا می‌شوند (لوگان، منزائرز، زولا^۱ و همکاران، 2011).

رفتار حرکات چشم می‌تواند ابزاری قدرتمند برای کشف مرتبه بالاتر فرایندهای شناختی باشد که مدت‌هاست مورد توجه پژوهشگران برای تشخیص بیماری اسکیزوفرنی (لوی، سرنو، گودینگ^۲ و همکاران، 2011؛ داویش، بکاش، اینهاوزر^۳ و همکاران، 2016؛ کلکبک، اوهرمان و هتزل^۴، 2005) و حتی افسردگی (سانچز، واسکز، مارکر^۵ و همکاران، 2013) قرار گرفته و هم‌اکنون در تشخیص اختلالات عصب‌شناختی فرض سودمندی آن سنجیده می‌شود. ردیابی چشمی، ظرفیت این را دارد تا با حساسیت، فرایند بیماری و شدت اختلال شناختی را ارزیابی کند. برای چندین سال، پژوهشگران تلاش کرده‌اند تا آن نوع از حرکات چشم را که با برخی از نقص‌های شناختی در مراحل ابتدایی آلزایمر ارتباط دارد، مشخص کنند. از طرف دیگر، نقص حرکات چشم می‌تواند ارزش‌های تشخیصی برای تعریف اولیه نقص خفیف شناختی داشته باشد. کما اینکه پژوهش‌هایی در جهت شفاف‌سازی ملاک‌های این بیماری صورت

¹ Lagun, Manzanares & Zola

² Levy, Sereno & Gooding

³ Dowiasch, Backasch, Einhäuser

⁴ Koelkebeck, Ohrmann, Hetzel

⁵ Sanchez, Vazquez & Marker

⁶ Portet, Ousset & Visser

⁷ Vuoksimaa, McEvoy & Holland

به‌عنوان راهنمایی برای فهم بیماری‌های زمینه‌ساز مشکلات شناختی و تا اندازه‌ای مکان‌یابی ضایعه در سامانه عصبی مرکزی بهره‌برد. پرسش‌ها به گونه‌ای انتخاب شده است که نماینده یکی از جنبه‌های ویژه عملکردی در هریک از حوزه‌های شناختی باشد؛ بنابراین، NUCOG برای ازمیان‌برد داشتن محدودیت‌ها و کاستی‌های دیگر مقیاس‌های غربال‌گری شناختی ساخته شده است. این ابزار دارای روایی صوری، گستره مناسب (درب‌گیرنده همه جنبه‌های شناختی از جمله عملکرد اجرایی)، چندبعدی بودن (ارائه نمرات جداگانه برای دامنه‌های شناختی جداگانه و فراهم کردن نیمرخ شناختی)، کوتاه‌بودن (ارزیابی در کمتر از ۲۰ دقیقه) و آسان‌بودن یادگیری است (برکتین، بهداد، توکلی و همکاران^۳، 2010). والترفانگ و سیو و ولاکولیس^۴ (۲۰۰۶) در استرالیا روایی و پایایی این مقیاس را به ترتیب ۰/۹۱ و ۰/۹۶ و پایایی بین ارزشیابان را ۰/۹۱ گزارش کردند. این آزمون دارای ۵ مقیاس (توجه، دیداری-فضایی، حافظه، کارکرد اجرایی، زبان) و ۲۱ زیرمقیاس است؛ بدین ترتیب:

- توجه: ۱. جهت‌یابی زمان‌مکان، ۲. فراخنای اعداد، ۳. توالی برعکس؛
- دیداری-فضایی: ۱. بازنمایی ترسیمی، ۲. کارکردی، ۳. جهت‌یابی راست-چپ، ۴. انکار، ۵. محاسبه؛
- حافظه: ۱. یادآوری کلامی، ۲. یادآوری فضایی، ۳. حافظه دور؛
- کارکرد اجرایی: ۱. توالی، ۲. طبقه‌بندی، ۳. تفکر انتزاعی، ۴. دستکاری؛
- زبان: ۱. درک مفهوم، ۲. تکرار، ۳. نامیدن، ۴. نوشتن، ۵. خواندن، ۶. کلمه‌یابی.

دستگاه ردیابی چشمی: برای به‌دست آوردن نقاطی که کاربر در حال نگاه کردن به آن است، در این

NUCOG نمره زیر ۷۵ آورده‌اند و مبتلا به دمانس تشخیص‌گذاری شده‌اند.

(3) گروه سالمندان سالم: 8 نفر از سالمندان که با انجام آزمون غربال‌گری در آزمون NUCOG نمره بالای ۸۶ آورده‌اند و در گروه افراد سالم دسته‌بندی شده‌اند.

محدوده سنی شرکت‌کنندگان از 55 تا 80 سال بود. ۶۶/۷ درصد بین ۶۵-۵۵ سال و ۳۳/۳ درصد بین 80-65 سال بودند. میزان تحصیلات افراد به ترتیب بیشترین به کمترین فراوانی، دیپلم (۴۱/۷ درصد)، کاردانی (25 درصد)، کارشناسی (25 درصد)، کارشناسی ارشد (۴/۲ درصد) و زیردیپلم (۴/۲ درصد) بود. 75 درصد شرکت‌کنندگان زن و 25 درصد مرد بودند.

ابزار

آزمون «مقیاس ارزیابی شناختی واحد روان‌پزشکی عصبی»^۱ (NUCOG): از آزمون NUCOG برای غربال‌گری و تشخیص بیماران پیش از گروه‌بندی استفاده می‌شود. آزمون NUCOG با توجه به نیاز به ابزاری برای ارزیابی شناختی بیماران سرپایی و بستری در بخش‌های روان‌پزشکی ساخته شد (والتر فانگ، ولاکولیس، گیبز و لوید^۲، ۲۰۰۳). مقیاس NUCOG توان بررسی شناخت را دارد و پنج زمینه توجه، حوزه دیداری-فضایی، حافظه، عملکرد اجرایی و زبان را با ۲۱ پرسش بررسی می‌کند. به کمک نمرات جداگانه برای هریک از پنج حوزه شناختی و با این پیش‌فرض که شناخت کلی در حوزه‌هایی کمابیش مستقل از هم توزیع شده است، این ابزار می‌تواند یک نیمرخ شناختی را فراهم سازد. از این نیمرخ می‌توان

¹ Neuropsychiatry Unit Cognitive Assessment Tool (NUCOG)

² Walterfang, Velakoulis, Gibz & Ioid

³ Berekatam, Behdad, Tavakoli, Mahveri, Merati & Denis

⁴ Walterfang, Siu & Velakoulis

انجام آزمون تشخیص گذاری، گروه بندی شدند و قبل از آن، متخصصین تشخیصی برای آنها نگذاشته بودند. سپس از میان افرادی که در گروه های سه گانه قرار گرفتند، برای هر گروه آزمایشی 8 نفر به تصادف انتخاب شد و برای بررسی های بیشتر در حیطه های مورد نظر پژوهش کنار گذاشته شدند. در ادامه، تکالیف مربوط به ردیابی چشمی در اتاق مخصوص اجرا شد که این تکالیف برای هر سه گروه یکسان و به مدت 40 دقیقه انجام شد.

در این پژوهش از دستگاه Eye Tribe استفاده شد. با اقدامات نرم افزاری امکان گرفتن خروجی از دستگاه فراهم شد و روند ساخت تکالیف پیگیری شد. دقت دستگاه پس از آزمون های پی در پی، متوسط ارزیابی شد؛ چنان که می توانست با استفاده از حذف کننده پارازیت و نگهدارنده سر اطلاعات خوبی را به پژوهشگران ارائه دهد.

برای اجرای تکالیف مقایسه تصاویر، 40 تصویر از آزمون تصویری نامیدن فارسی، برای 20 کوشش آزمایشی استفاده شد (20 کوشش نیازمند 40 تصویر بود).

پس از طراحی مراحل و شکل کلی اجرای آزمون در بستر برنامه ریزی³ و پیش از شروع کوشش های آزمایشی باید برای هر آزمودنی فرایند کالیبره کردن چشم ها با دستگاه ردیاب چشمی صورت گیرد. افراد به شکلی که تلویزیون تماشا می کنند، در مقابل مانیتور قرار می گیرند و به آن نگاه می کنند و فرایند کالیبریشن را آزمون گر انجام می دهد. برای تنظیم شدن دوربین، نقاطی (نقطه ای در وسط، بالا، پایین، سمت راست و سمت چپ و چهار زاویه مانیتور) بر روی صفحه نمایش ظاهر می شود که کاربر باید به آنها نگاه کند. این عمل به این دلیل انجام می گیرد که دستگاه، مختصاتی از محل دقیق چشم و نقطه ای که به آن خیره می شود، برای

پژوهش از دوربین ردیاب چشمی Eye Tribe استفاده شد. این دوربین، می تواند اشاره گر موس را نیز کنترل کند و همچنین می تواند مختصات نقاط مختلفی را که کاربر به آنها نگاه کرده است، به صورت فایل متنی در اختیار بگذارد. به علاوه، با فراهم کردن بستر برنامه نویسی¹ این امکان نیز وجود دارد که از این اطلاعات و خروجی ها در برنامه هایی به زبان های C#، ++C و Java استفاده کرد.

آزمون تصویری نامیدن: در سال 1384 با الگوگیری از آزمون آرمسترانگ ساخته شد و نیلی پور و همکاران (1393) نشان دادند ضریب همسانی درونی برابر 0/96 و ضریب آزمون باز آزمون 0/87 به دست آمد ($P < 0/01$). همبستگی نمره این آزمون با خرده آزمون دیدن و نامیدن آزمون زبان پریشی فارسی 0/58 به دست آمد ($P < 0/01$).

روش شناسی پژوهش

در این پژوهش آزمون NUCOG بر روی 60 نفر از سالمندان مراجعه کننده به کلان بازنشستگان فرهنگی شهر اصفهان که برای بررسی و معاینات شناختی آماده بودند، انجام شد و بدین وسیله آنها به سه گروه مبتلا دمانس، مبتلا به نقص خفیف شناختی و سالمندان سالم تقسیم بندی شدند. انجام آزمون تقریباً برای هر فرد بین 40 تا 45 دقیقه طول کشید و آزمون به صورت مصاحبه نیمه ساختار یافته انجام می شد. آزمودنی باید بعضی از سؤال ها را به شکل کلامی، بعضی را با عملیات های اجرایی، بعضی را با ترسیم و بعضی را با محاسبه پاسخ می داد. سؤالات مرتبط با تمرکز و توجه به ترتیب از سخت به دشوار تنظیم شده است و نمرات فرد بر اساس آخرین جواب صحیحی که داده می شود، محسوب می شود. آزمودنی ها پس از

¹ API (Application Programming Interface)

² Persian Picture Naming Test

³ API (Application Programming Interface)

20 ثانیه خاموش می‌شود. سپس کوشش بعدی به همین شکل انجام می‌شود. برای حفظ کردن توجه شرکت‌کنندگان در زمانی که تأخیر 2 دقیقه است، آزمایش‌گر 10 ثانیه قبل از اتمام 2 دقیقه به شرکت‌کننده هشدار می‌دهد که «تصاویر بعدی 10 ثانیه دیگر ارائه خواهد شد».

یافته‌ها

پیش از بررسی‌های آماری آزمون بار تلت برای بررسی کفایت حجم نمونه انجام شد و مقدار Chi-Square محاسبه شده از مقدار بحرانی جدول با درجه آزادی 190 در سطح $p \leq 0.05$ معنادار است و نتایج حاکی از کفایت حجم نمونه است. میانگین و انحراف استاندارد نمرات NUCOG گروه سالم (میانگین = $88/31$ و انحراف استاندارد = $2/43$)، نقص خفیف شناختی (میانگین = $82/18$ و انحراف استاندارد = $1/9$) و دمانس (میانگین = $70/43$ و انحراف استاندارد = $6/38$) است. همچنین، در جدول 1 میانگین و انحراف استاندارد داده‌های ردیابی چشمی در سه گروه نمایش داده شده است.

ردیابی آن در اختیار داشته باشد. پس از اتمام مراحل تنظیم شدن، تکالیف نشان داده می‌شود.

پس از انجام مراحل ابتدایی، آزمودنی برای انجام تکلیف آماده می‌شود. کل زمان اجرای آزمایش برای هر فرد در این مرحله 25 تا 30 دقیقه است که در آن افراد با چهار بلوک (دستور تأخیر: تأخیر دودقیقه‌ای، تأخیر دو ثانیه‌ای، تأخیر دو ثانیه‌ای، تأخیر دو ثانیه‌ای) در پنج کوشش مواجه می‌شوند. به طور کلی، هر فردی با 20 کوشش آزمایشی مواجه می‌شود (چهار بلوک در پنج کوشش). هر کوشش از دو فاز تشکیل شده است؛ آشناسازی که به دنبال هر فاز کوشش می‌آید. در طول مرحله آشناسازی 2 تصویر یکسان برای مدت 5 ثانیه، به صورت کنار هم بر روی مانیتور نمایش داده می‌شود. پس از این، مانیتور بر اساس دستور تأخیر 2 ثانیه یا 2 دقیقه، خاموش می‌شود. سپس در فاز آزمون، دو تصویر دوباره به مدت 5 ثانیه بر روی مانیتور نمایش می‌شود. یکی از این تصاویر، همان تصویر مرحله آشناسازی است؛ اما تصویر بعدی، تصویری جدید است. تصویر جدید به صورت شبه تصادفی نیمی از کوشش‌ها در سمت چپ و نیمی دیگر در سمت راست مانیتور نمایش می‌شود. بعد از اتمام فاز کوشش اول، مانیتور به مدت

جدول 1. میانگین و انحراف استاندارد داده‌های ردیابی چشم در سه گروه سالم، نقص خفیف شناختی و دمانس

میزان توجه به تصاویر در دو دقیقه اول		میزان توجه به تصاویر در دو دقیقه دوم		میزان توجه به تصاویر در دو ثانیه اول		میزان توجه به تصاویر در دو ثانیه دوم		میانگین	انحراف استاندارد
تصویر تکراری	تصویر جدید	تصویر تکراری	تصویر جدید	تصویر تکراری	تصویر جدید	تصویر تکراری	تصویر جدید		
74/38	25/63	62/5	37/5	65/38	34/63	7/891	7/891	8/88	5/88
4/104	4/104	9/971	9/971	4/104	4/104	62/50	37/50	49/88	5/13
16/186	16/186	5/963	5/963	16/186	16/186	12/083	12/083	17/324	17/324
26/25	73/75	55/38	44/62	26/25	73/75	60/75	39/25	24/63	75/38
5/12	5/12	11/916	11/916	5/12	5/12	12/748	12/748	9/906	9/906
50/04	49/96	58/92	41/08	50/04	49/96	62/88	37/12	47/33	52/67
22/226	22/226	9/65	9/65	22/226	22/226	10/8	10/8	20/963	20/963

فاصله دو دقیقه بین نمایش تصاویر، متفاوت است. همچنین، می توان با اطمینان گفت که بین حرکات چشم بیماران MCI، آلزایمری و سالمندان عادی با فاصله دو ثانیه تفاوت وجود ندارد. این نتایج حاکی از این است که زمانی که فاصله زمانی یادآوری زیادتر می شود، ایرادات جزئی توجه و حافظه بیشتر نمود پیدا می کند و بین گروه های آزمایشی فاصله می اندازد.

باتوجه به یافته های حاصل از آزمون تحلیل واریانس یک راهه که در جدول 2 ملاحظه می شود، سطح معناداری توجه افراد به تصاویر تکراری با فاصله دو دقیقه برای مجموع دو مرحله از 0/05 کوچک تر و معنادار است ($F=0/000$ $p=83/829$) و در همین مقیاس و برای فاصله دو ثانیه معنادار نیست ($F=0/415$ $p=0/917$)؛ پس می توان نتیجه گرفت که حرکات چشم بیماران MCI، مبتلا به دمانس و سالمندان عادی با

جدول 2: مقایسه میانگین توجه به تصاویر تکراری با فاصله زمانی دو ثانیه و دو دقیقه در بین سالمندان عادی، افراد دارای نقص خفیف و دمانس

سطح معناداری	F	میانگین مربعات	df	مجموع مربعات	مؤلفه ها
0/415	0/917	69/292	2	138/583	بین گروهی
		75/591	2	1587/406	درون گروهی
			1		
			2	1725/989	کل
			3		
0/000	83/829	3373/010	2	6746/021	بین گروهی
		40/237	2	844/969	درون گروهی
			1		
			2	7590/99	کل
			3		

است. نتایج نشان می دهد در هر دو مرحله بعد از نمایش تصاویر با فواصل دو دقیقه، گروه بیماران آلزایمری به تصاویری تکراری، گروه سالمندان عادی به تصاویر جدید و سالمندان دارای نقص خفیف تقریباً به هر دو تصویر به طور یکسان توجه داشته اند.

برای بررسی این مطلب که تفاوت به وجود آمده بین کدام گروه هاست، از آزمون توکی استفاده شد که نتایج در جدول 3 ارائه شده است. یافته ها حاکی از اختلاف معنادار بین هر سه گروه از نظر توجه به تصاویر تکراری با فاصله دو دقیقه در هر دو مرحله و در مجموع

جدول 3: خلاصه آزمون توکی برای مقایسه جفتی توجه افراد به تصاویر تکراری با فاصله دو دقیقه بر حسب گروه

مؤلفه	گروه (I)	گروه (j)	میانگین	اختلاف میانگین (i-j)	خطای معیار	سطح معناداری
توجه افراد به تصاویر با فاصله دو دقیقه (اول)	افراد سالم: میانگین توجه	نقص خفیف	49/50	-23/25	5/03	0/000
	26/25	دمانس	74/25	-48/00	5/03	0/000
توجه افراد به تصاویر با فاصله دو دقیقه (دوم)	افراد دارای نقص خفیف:	دمانس	74/25	-24/75	5/03	0/000
	49/50	نقص خفیف	49/87	-25/25	5/64	0/000
توجه افراد به تصاویر با فاصله دو دقیقه (دوم)	افراد سالم: میانگین توجه	دمانس	67/50	-42/87	0/64	0/001
	24/62	افراد دارای نقص خفیف:	67/50	-17/62	5/64	0/014
	49/87					

0/000	3/17	-20/00	48/37	نقص خفیف	افراد سالم: میانگین توجه	توجه افراد به
0/000	3/17	-41/06	69/43	دمانس	38/37	تصاویر با فاصله دو
0/000	3/17	-21/06	69/43	دمانس	48/37	دقیقه (مجموع دو مرحله)

عادی به تصاویر جدید و سالمندان دارای نقص خفیف شناختی به شکل بی‌نظمی به هر دو تصویر توجه داشته‌اند. این امر نشان‌دهنده خونگرفتن و فراموش کردن تصویر ابتدایی است که باید به آن خوگیری اتفاق می‌افتاد؛ بدین صورت که اگر فرد تصویر اول را به یاد می‌داشت، به تصویر جدید بیش از تصویری که قبلاً دیده بود، نگاه می‌کرد؛ چرا که افراد به محرک‌های جدید بیشتر نگاه می‌کنند تا محرک‌هایی که خوگیری به آنها اتفاق افتاده است. این نتایج می‌تواند نشان‌دهنده به یادنی‌وردن در کوشش اصلی (بنابر نقص حافظه کوتاه‌مدت) و یا توجه ناقص در فرایند آشناسازی باشد که با یافته‌های لاگون، مانزانرز، زولا، بوفالو و آجیکتین² (2011) و همچنین کامیسولی³ و همکاران (2021) هم‌خوان بود.

همان‌طور که در پژوهش‌ها عنوان شده است (بلیول، چرتکوف و گاو تیر⁴، 2007)، بیماران مبتلا به دمانس در همه حیطه‌های مربوط به توجه، کاستی معناداری و به عبارتی نقایص شدیدی⁵ از خود نشان می‌دهند. چنین نتایجی همچنین در پژوهش‌های دیگری هم به دست آمده بود. پژوهشگران گزارش داده‌اند که نقایص در زیرمجموعه‌ها و زیرمقیاس‌های توجه در بیماران مبتلا به دمانس مشهود است (فرناندز دو ک، بلک⁶، 2008؛ بالارد، اوبرایون و گری⁷، 2001، پری و هادجز⁸، 2000؛ پرادو، وات، تریبی و همکاران⁹، 2019).

بحث و نتیجه‌گیری

هدف پژوهش حاضر بررسی سودمندی استفاده از دستگاه ردیابی چشم به منظور تشخیص گذاری زودرس برای نقص خفیف شناختی بود. نتایج نشان داد حرکات چشم بیماران نقص خفیف شناختی، مبتلا به دمانس و سالمندان عادی با فاصله دو دقیقه بین نمایش تصاویر، متفاوت است. به عبارتی، ردیابی چشمی به‌نوعی موازی و هم‌جهت با ابزارهای عصب روان‌شناختی و تصویربرداری مغزی، با بررسی حرکات چشم افراد [که توجه انتخابی و مداوم و همچنین حافظه فوری و کوتاه‌مدت را هم بنابه دستورالعمل می‌سنجد] امکان تشخیص گذاری زود هنگام را فراهم می‌کند. همان‌طور که پیش‌بینی می‌شد، نتایج نشان داد بین حرکات چشم بیماران مبتلا به نقص خفیف شناختی، مبتلا به دمانس و سالمندان عادی با فاصله دو ثانیه (حافظه فوری) تفاوتی وجود ندارد. به عبارت دیگر، در بازیابی دو تائیه‌ای، تمامی گروه‌ها به‌طور معناداری یکسان عمل کردند؛ چرا که توجه انتخابی و حافظه فوری هنوز در هیچ‌یک از بیماران به این اندازه دچار مشکل نشده بود که تأخیرهای با فاصله دو تائیه را از یاد ببرند. شاجی¹ و همکاران (2018) نیز در پژوهش‌های خود اثراتی از آسیب دیدگی توجه انتخابی و حافظه فوری در بیماران پیدا نکردند و به نتایج مشابهی دست پیدا کردند؛ اما در تأخیرهای دودقیقه‌ای، تفاوت‌ها مشهود بود و گروه‌ها توان متفاوتی را نشان دادند.

بعد از نمایش تصاویر با فواصل دو دقیقه، گروه بیماران آزمایری به تصاویری تکراری، گروه سالمندان

² Laguna, Manzanares, Zola, Buffalo & Agichtein

³ Cammisuli

⁴ Belleville, Chertkow & Gauthier

⁵ Severe impairment

⁶ Fernandez-Duque, Black

⁷ Ballard, O'Brien, Gray

⁸ Perry & Hodges

⁹ Prado, Watt, Treeby & Crowe

¹ Shaji

دمانس این است که چگونه می‌توان اختلالات حافظه واقعی (نبود قابلیت ذخیره‌سازی اطلاعات و ایجاد حافظه جدید) را از نارسایی‌های توجه و یا نقایص راهبردی (مانند پیری نرمال و یا نارسایی‌های قشر پیش‌پیشانی) تشخیص داد. به عبارتی، برای تعیین ویژگی‌های اختلال فراموشی در فرد مشکوک به بیماری، همواره دشواری‌های وجود داشته است. داده‌های fMRI نیز به‌عنوان ابزار غیرتهاجمی⁵ و البته گران‌قیمت، این نوید را داده‌اند که براساس شناخت مراکز مربوط به حافظه و بررسی کارکردهای این مناطق در دوره‌های مختلف نقص خفیف شناختی و دمانس، به پیش‌بینی سیر این بیماری دقت بیشتری ببخشند و تشخیص تغییرات عملکرد مغز، قبل از اینکه افراد معیارهای بالینی و تشخیصی دمانس را برآورده کنند، امکان‌پذیر شود (ماچولدا، وارد، برووسکی⁶ و همکاران، 2003). بنابر داده‌های پژوهش حاضر می‌توان عنوان کرد که سنجش حافظه با ابزارهای حساس، حتی در مراحل ابتدایی بیماری می‌تواند به متخصصین اطلاعات مناسبی درباره پیش‌آگهی بیماری دهد و نقایص قشر گیجگاهی میانی را بدون نیاز به MRI نمایان کند. همان‌طور که داده‌ها نشان داد، ردیابی چشمی به خوبی و با دقت توانست میان گروه‌های سه‌گانه [که از نظر پاتولوژیکی تفاوت‌های بسیار کمی دارند] افتراق ایجاد کند و بدین ترتیب، می‌توان تفاوت‌های بین سه گروه را ناشی از سطوح متفاوتی از تخریب نواحی گیجگاهی میانی قشر مغز دانست که بنابر مرحله بیماری، نمودهای متفاوتی دارد. از زمان اولین مشاهدات تاملینسون و بلسد⁷ (1968)، چندین پژوهش نوروپاتولوژیک تأیید کرده است که کلافه‌های نوروفیبریلار (NFT) و رسوبات آمیلوئیدی

همچنین، پژوهش‌های دیگری نیز عنوان می‌کند که با پیشرفت بیماری از نقص خفیف شناختی به دمانس میزان نقایص توجه هم بیشتر می‌شود. به نظر می‌رسد الگوی صدمه گیجگاهی که در پژوهش‌های مختلف به‌عنوان علت اصلی مشکلات توجه در بیماران مبتلا به دمانس مطرح شده است، تفاوت میزان توجه به دو تصویر در مکث دودقیقه‌ای و دو ثانیه‌ای در سه گروه را توجیه کند. این الگو برای این چنین بدکارکردی‌هایی در حوزه توجه سالمندان مبتلا به دمانس و حتی در مراحل پیش‌درآمد آن (نقص خفیف شناختی) همچنان کارگر است و از اولین و اصلی‌ترین نشانه‌های بروز نقص شناختی به شمار می‌آید. این الگو همچنین مطابق با این واقعیت که در ابتدای بیماری، ناپهنجاری‌های نوروپاتولوژیک، بیشتر در عمق قطعه گیجگاهی، از جمله هیپوکامپ وجود دارد، توجیه می‌شود (بلیول، چرت کوف و گاویر، 2007؛ بدلی و ویلسون¹، 2002؛ بلیول، رولیو، وندرلیندن و کالته²، 2003). پژوهش‌های دیگری نیز نشان داده است آتروفی هیپوکامپ نیز در مراحل پیش‌بالینی آلزایمر (مانند نقص خفیف شناختی) نقش دارد (هیروشی، یاماکی، آراشیتا و همکاران³، 2020).

از طرف دیگر، به نظر می‌رسد الگوی توجه یکسان به تصاویر جدید و قدیم که نمایان‌گر به‌یادنیارودن و یا تحکیم تصاویر قدیمی است، نشان‌دهنده بدکارکردی حافظه باشد. گفتنی است که مهم‌ترین ویژگی دمانس، افت کارکرد شناختی با اختلالات زود هنگام حافظه رویدادی⁴ است. مشکلات حافظه بیمار، با سندرم آمنستیک (یادزدایشی) نوع گیجگاهی میانی مشخص می‌شود. یکی از مشکلات در تشخیص زود هنگام

⁵ Noninvasive tool

⁶ Machulda, Ward, Borowski

⁷ Tomlinson, Blessed

¹ Baddeley, Wilson

² Rouleau, Van der Linden, Collette

³ Hiroshi, Araki & Yamashita

⁴ Episodic memory

ردیابی چشمی در جهت تشخیص زودرس اختلال نقص خفیف شناختی پژوهش‌های بیشتر و با نمونه‌های بزرگ تری نیاز است. همچنین، با توجه به گسترهٔ دائماً در حال پیشرفت ردیابی چشمی، سودمندی به کارگیری دستگاه‌های به‌روزتر نیز نیازمند سنجش و بررسی است.

سپاس‌گزاری

از سالمندان محترم که در این پژوهش شرکت کردند و همچنین ستاد توسعهٔ علوم و فناوری‌های شناختی کشور که این پژوهش منتج از رسالهٔ کارشناسی ارشد و بخشی از طرح مصوب دستهٔ ج مورد حمایت ستاد بوده است، قدردانی می‌شود.

منابع

زارع، حسین؛ سیه‌جانی، لیلی (1397). اثربخشی توان‌بخشی شناختی بر وضعیت ذهنی و عملکرد حافظه در سالمندان مبتلا به آلزایمر خفیف. تازه‌های علوم شناختی، 20(3)، ۶۶-۵۱.

سمندری، سعید (1392). روان‌پزشکی سالمندان: اصول اساسی ارزیابی، تشخیص و مدیریت اختلالات شناختی. مؤسسه فرهنگی هنری مخترعین و متفکرین آریا.

نیلی‌پور، رضا؛ پورشهباز، عباس؛ قریشی، زهراسادات. و یوسفی، عاطفه (1393). بررسی اعتبار و روایی آزمون تصویری نامیدن فارسی. فصلنامهٔ آسیب‌شناسی گفتار و زبان، 1(4)، 25-42.

Barekatin. M., Behdad, M., Tavakoli, M., Mahveri, J., Merati, M. R., Denis, W. (2010). Psychometric properties of the persian version of the Neuropsychiatry Unit Cognitive Assessment Tool (NUCOG) in patient with dementia. *Iranian journal of Psychiatry and Clinical Psychology*, 16(1), 14-20.

Baddeley, A. & Wilson, B. A. (2002). Prose recall and amnesia: implication for the structure of

در هیپوکامپ و بخش‌ها محدودی از لوب گیجگاهی میانی اغلب افراد مسن با نقصان حافظهٔ بسیار خفیف یا حتی در غیاب افت شناختی، وجود دارد (بنت، ویلسون، اشنایدر، اوانز، بکت، آگروال، برنز، فاکس و بیچ، 2002؛ نوپمن، دکوسکی، کامینگز^۲ و همکاران، 2001) که این داده‌ها هم‌سو با نتایج پژوهش، نشان‌دهندهٔ علل و وسعت تخریب عصبی است.

اینکه توان‌بخشی شناختی می‌تواند سیر پیش‌روی دمانس را از ابتدایی‌ترین مرحله آهسته کند یا این روند را متوقف کند، نیازمند پژوهش‌های بیشتری است. برون‌دادی که در این پژوهش به دست آمد، به‌طور کلی نشان‌دهندهٔ شناسایی ابزاری ارزان‌قیمت و مؤثر است که کارکردهای آسیب‌دیده در ابتدایی‌ترین مرحله را شناسایی می‌کند و امکان تشخیص‌گذاری در همان مراحل اولیه را می‌دهد. داده‌های ناشی از ردیابی چشمی نوید ابزار تشخیصی، برای تشخیص‌گذاری زودرس را به متخصصان می‌دهد و می‌تواند تا 10 سال آینده جزئی از فرایند تشخیص‌گذاری برای بیماری دمانس و نقص خفیف شناختی باشد و در مراکز درمانی استفاده شود؛ اما برای افزایش دقت داده‌ها می‌توان با استفاده هم‌زمان از fMRI و یا آزمون‌های عصب‌روان‌شناختی دیگر، اطلاعات و داده‌ها را با حداکثر اطمینان به جامعهٔ سالمندی تعمیم داد. در آخر باید تأکید کرد که فرض سودمند بودن توان‌بخشی شناختی به‌عنوان عمل منتج از نتیجهٔ این پژوهش، برای کند کردن روند پیش‌روندهٔ دمانس، در پژوهش‌های مختلف تأیید شده است (زارع و سیه‌جانی^۳، ۱۳۹۷؛ ویلسون^۴، 2003). این درمان‌ها برای مرحلهٔ پیش‌درآمد دمانس تازه و نیازمند پژوهش‌های بیشتری است. به‌منظور افزایش دقت ابزار

¹ Bennett, Wilson, Schneider, Evans, Beckett, Aggarwal, Barnes, Fox & Bach

² Knopman, Dekoskey & Cummings

³ Zare & Siahjani

⁴ Wilson

- (2001). Practice parameter: Diagnosis of dementia (an evidence-based review). *Report of the Quality Standards Subcommittee of the American Academy of Neurology*, 56(9), 1143-1153.
- Lagun, D., Manzanares, C., Zola, S. M., Buffalo, E. A., Agichtein, E. (2011). Detecting cognitive impairment by eye movement analysis using automatic classification algorithms. *J Neurosci Methods*, 201(1), 196-203.
- Levy, D. L., Sereno, A. B., Gooding, D. C. & O'Driscoll, G. A. (2010). Eye tracking dysfunction in schizophrenia: characterization and pathophysiology. *Current topics in behavioral neurosciences*, 4(5), 311-347.
- Machulda, M. M., Ward, H. A., Borowski, B., Gunter, J. L., Cha, R. H., O'Brien, P. C., Jack, C. R., Jr. (2003). Comparison of memory fMRI response among normal, MCI, and Alzheimer's patients. *Neurology*, 61(4), 500-506.
- Portet, F., Ousset, P. J., Visser, P. J., Frisoni, G. B., Nobili, F., Scheltens, P., ... MCI Working Group of the European Consortium on Alzheimer's Disease (EADC) (2006). Mild cognitive impairment (MCI) in medical practice: a critical review of the concept and new diagnostic procedure. Report of the MCI Working Group of the European Consortium on Alzheimer's Disease. *Journal of neurology, neurosurgery, and psychiatry*, 77(6), 714-718.
- Prado, C. E., Watt, S., Treeby, M. S. & Crowe, S. F. (2019). Performance on neuropsychological assessment and progression to dementia: A meta-analysis. *Psychology and Aging*, 34(7), 954-977.
- Perry, R. J. & Hodges, J. R. (2000). Differentiating frontal and temporal variant frontotemporal dementia from Alzheimer's disease. *Neurology*, 54(12), 2277-2284.
- Sanchez, A., Vazquez, C., Marker, C., LeMoult, J. & Joormann, J. (2013). Attentional disengagement predicts stress recovery in depression: An eye-tracking study. *Journal of Abnormal Psychology*, 122(2), 303-313.
- Shaji, K. S., Sivakumar, P. T., Rao, G. P. & Paul, N. (2018). Clinical Practice Guidelines for Management of Dementia. *Indian journal of psychiatry*, 60(3), 312-328.
- Tomlinson, B. E., Blessed, G., Roth, M. (1968). Observations on the brains of non-demented working memory. *Neuropsychologia*, 40(10), 1737-1743.
- Belleville, S., Rouleau, N., Van der Linden, M. & Collette, F. (2003). Effect of manipulation and irrelevant noise on working memory capacity of patients with Alzheimer's dementia. *Neuropsychology*, 17(1), 69-81.
- Belleville, S., Chertkow, H., Gauthier, S. (2007). Working memory and control of attention in persons with Alzheimer's disease and mild cognitive impairment. *Neuropsychology*, 21(4), 458-69.
- Ballard, C., O'Brien, J., Gray, A. (2001). Attention and Fluctuating Attention in Patients With Dementia With Lewy Bodies and Alzheimer Disease. *Arch Neurol*, 58(6), 977-982.
- Bennett, D. A., Wilson, R. S., Schneider, J. A., Evans, D. A., Beckett, L. A., Aggarwal, N. T., Barnes, L. L., Fox, J. H., Bach, J. (2002). Natural history of mild cognitive impairment in older persons. *Neurology*, 59(2), 198-205.
- Cammissuli, D. M., Pagni, C., Palermo, G., Frosini, D., Bonaccorsi, J., Radicchi, C., Cintoli, S., Tommasini, L., Tognoni, G., Ceravolo, R., Bonuccelli, U. (2021). Mild Cognitive Impairment in de novo Parkinson's Disease: Selective Attention Deficit as Early Sign of Neurocognitive Decay. *Front Psychol*, 30(12), 546476.
- Crestani, C., Masotti, V., Corradi, N., Schirripa, M. L. & Cecchi, R. (2019). Suicide in the elderly: a 37-years retrospective study. *Acta bio-medica : Atenei Parmensis*, 90(1), 68-76.
- Dowiasch, S., Backasch, B., Einhäuser, W., Leube, D., Kircher, T. & Bremmer, F. (2016). Eye movements of patients with schizophrenia in a natural environment. *European archives of psychiatry and clinical neuroscience*, 266(1), 43-54.
- Fernandez-Duque, D. & Black, S. E. (2008). Selective attention in early Dementia of Alzheimer Type. *Brain and Cognition*, 6(6), 221-231.
- Koelkebeck, K., Ohrmann, P., Hetzel, G. (2005) Visual backward masking: deficits in locating targets are specific to schizophrenia and not related to intellectual decline. *Schizophr Res*, 7(8), 261-268.
- Knopman, D. S., DeKosky, S. T., Cumming J. L., Chau, H., Corey-Bloom, J., Relkin, N., Small, G. W., Miller, B. and Stevens, J. C.

- and Piloting of a Cognitive Screening Instrument in a Neuropsychiatric Unit. *Australasian Psychiatry*, 11(3), 325-329.
- Walterfang, M., Siu, R. K. & Velakoulis, D. (2006). The NUCOG: validity and reliability of a brief cognitive screening tool in neuropsychiatric patients. *The Australian and New Zealand journal of psychiatry*, 40(12), 995-1002.
- Wiels, W. A., Baeken, C. & Engelborghs, S. (2020). Depressive Symptoms in the Elderly—An Early Symptom of Dementia? A Systematic Review. *Frontiers in Pharmacology*, 11(5), 54-78.
- old people. *Journal of the Neurological Sciences*, 7(3), 331-356.
- Vuoksimaa, E., McEvoy, L.K., Holland, D. et al. (2020). Modifying the minimum criteria for diagnosing amnesic MCI to improve prediction of brain atrophy and progression to Alzheimer's disease. *Brain Imaging and Behavior*, 68(14), 787-796.
- Wilson, B. A. (2003). Rehabilitation of memory disorder. In R. J. Greenwood, M. P. Barnes, T. M. McMillan & C. D. Ward (eds). *Handbook of Neurological Rehabilitation* (second edition). London: Chapman and Hall.
- Walterfang, M., Velakoulis, D., Gibbs, A., Lloyd, J. (2003). The NUCOG: Construction

