

Influência do Cronotipo e do Horário da Medida na Sensibilidade ao Contraste Visual

Influence of Chronotype and Measure Time on Visual Contrast Sensitivity

Michael Jackson Oliveira de Andrade*, Jandilson Avelino Silva
& Natanael Antônio dos Santos
Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, PB, Brasil

Resumo

Este estudo teve como objetivo avaliar a curva de sensibilidade ao contraste para estímulos de grades senoidais verticais de frequências espaciais de 0,2; 0,6; 1; 3,1; 6,1; 8,8; 13,2 e 15,6 ciclos por grau de ângulo visual; em um ritmo de 24 horas de adultos saudáveis de diferentes cronotipos. Participaram desta pesquisa 18 voluntários do sexo masculino com idade de 19 a 31 anos ($M=23,8$; $DP=3,29$). Os participantes foram divididos em grupos de acordo com o cronotipo: Matutino ($n=5$), Intermediário ($n=9$) e Moderadamente vespertino ($n=4$). Utilizaram-se como instrumentos medidas neuropsicológicas e o *software* Metropsis para avaliar a Função de Sensibilidade ao Contraste (FSC). As medidas da FSC foram realizadas com o método psicofísico da escolha forçada entre duas alternativas espaciais. Os resultados apresentaram alterações nas dimensões relacionadas ao processamento cognitivo e na FSC de sujeitos Matutinos [$F(14; 76303) = 38,92$; $p < 0,05$], Intermediários [$F(14; 505) = 2,79$; $p < 0,05$] e Moderadamente vespertinos [$F(14; 279) = 2,75$; $p < 0,05$] de acordo com os horários de medida. Concluiu-se que a sensibilidade ao contraste é um aspecto importante para o estudo da percepção visual circadiana, sugerindo que os mecanismos sensoriais que processam o contraste visual estão diretamente relacionados à hora e o padrão do cronotipo.

Palavras-chave: Psicofísica, sensibilidade ao contraste, ritmo circadiano, cronotipo.

Abstract

This study aimed to evaluate the contrast sensitivity curve for the stimuli of vertical sinusoidal grids with spatial frequencies of .2; .6; 1; 3.1; 6.1; 8.8; 13.2 and 15.6 cycles per degree of visual angle, in a 24-hour rhythm of healthy adults of different chronotypes. This study had 18 participants aged 19 to 31 years ($M=23.8$; $SD=3.29$) divided into groups according to the chronotype: Morningness ($n=5$), Intermediate ($n=9$) and Moderate Eveningness ($n=4$). Neuropsychological measures and the Metropsis software were used to evaluate the Contrast Sensitivity Function (CSF). CSF measurements were performed by the psychophysical method of forced choice between two spatial alternatives. Results showed significant changes in the dimensions related to cognitive processing and CSF for morning subjects [$F(14; 76303) = 38.92$; $p < .05$], Intermediate subjects [$F(14, 505) = 2.79$; $p < .05$] and moderately evening subjects [$F(14, 279) = 2.75$; $p < .05$] in accordance with the measured time. The study concluded that contrast sensitivity is an important aspect to the study of circadian visual perception, suggesting that the sensorial mechanisms which process visual contrast are directly related to the time and pattern of people's chronotypes.

Keywords: Psychophysics, contrast sensitivity, circadian rhythm, chronotype.

Diariamente os seres vivos enfrentam variações de luminosidade que afetam processos fisiológicos e comportamentais associados à visão. Alguns autores consideram o ciclo claro-escuro (presença ou ausência de luz) como um dos principais sincronizadores da ritmicidade circadiana do sistema visual (Koukkari & Sothorn, 2006; Menna-

-Barreto & Díez-Noguera, 2012; Mistlberger & Skene, 2004; Regal & Connolly, 1980). Estudos eletrofisiológicos mostraram a existência de um ritmo circadiano em função de fotorreceptores clássicos da retina, ou seja, cones e bastonetes (Brainard et al., 2001; Danilenko, Plisov, Cooper, Wirz-Justice, & Hébert, 2011; Yoonessi & Yoonessi, 2011). Recentemente, Danilenko et al. (2011) verificaram variações circadianas distintas para cones após a exposição à luz. No entanto, Turner e Mainster (2008) mostraram que células ganglionares, especificamente a melanopsina que absorve comprimentos de ondas entre 450-550 nm, contribuem para modulações da sensibilidade ao contraste visual (Zhao & Mainster, 2007).

* Endereço para correspondência: Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes, Departamento de Pós-Graduação em Psicologia Social, Cidade Universitária, João Pessoa, PB, Brasil 58051-900. Fone: 55 (83) 3216-7200 e 55 (83) 3216-7064. E-mail: m.jackson_20@yahoo.com.br

Agradecimento: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes).

Dessa forma, entende-se que além dos fotorreceptores clássicos, responsáveis pela fototransdução, a melanopsina, expressa por células ganglionares, é um importante fotopigmento para o processo de arrastamento da luz em respostas circadianas, ou respostas diárias de ciclo claro-escuro (Duffy & Wright, 2005; Evans, Elliott, & Gorman, 2007; Glickman et al., 2012; Hannibal, 2002; Hatori & Panda, 2010; Hattar, Liao, Takao, Berson, & Yau, 2002; Rea, Figueiro, Bierman, & Bullough, 2010; Wever, 1989). Por exemplo, Pickard, Ralph e Menaker (1987) utilizaram feixes de luz focada na fóvea em diferentes momentos do dia e perceberam que esse estímulo provoca uma variação de resposta periódica com amplitudes e fases diferentes (Pickard et al., 1987). No entanto, Van den Pol, Cao e Heller (1998) discordam dessa proposição, no qual discutem que estas respostas são constantes mesmo quando esses estímulos possuem valores de respostas subliminares.

A sensibilidade visual circadiana apresenta mecanismos que podem ser responsáveis por variações de respostas às mudanças da luz durante o dia. Tassi e Pins (1997) mostraram que após as 10 horas da manhã os limiares de sensibilidade visual permanecem constantes. Contudo, em 2000, Tassi, Pellerin, Moessinger, Hoeft e Muzet sugeriram que o limiar visual muda ao longo do período de 24 horas, com valores elevados no período da manhã e uma diminuição progressiva ao longo do dia e início da noite. Além disso, Bassi e Powers (1986) discutem que a sensibilidade visual para estímulos luminosos coloridos apresentam maiores picos durante o período da noite (Roenneberg, Lotze, & Steinbüchel, 1992). Esses estudos apresentam resultados gerais sobre a sensibilidade de atributos visuais em sua variação diária. Com isso, esse estudo propõe analisar a sensibilidade ao contraste visual em um ritmo de 24 horas.

A sensibilidade ao contraste é definida como a recíproca do limiar visual ou quantidade de contraste necessário para detectar um objeto (por exemplo uma grade senoidal vertical). Assim, a função de sensibilidade ao contraste (FSC) seria medida a partir de um conjunto de diferentes frequências espaciais (De Valois & De Valois, 1988). Isto é, permite medir o limiar que o sistema visual precisa para detectar, individualmente, uma faixa ou banda de frequência espacial. Estudos psicofísicos apresentam a FSC como uma medida capaz de avaliar e descrever como determinados mecanismos sensoriais e perceptuais se desenvolvem ao longo do tempo (Atkinson, Braddick, & Braddick, 1974; Bradley & Freeman, 1982; Owsley, Sekuler, & Siemen, 1983) e como são modificados por diferentes disfunções neuropatológicas (Akutsu & Legge, 1995; Elliott & Situ, 1998). Entretanto, essas ferramentas tem sido pouco utilizadas para determinar aspectos teóricos e metodológicos a cerca dos mecanismos fisiológicos e comportamentais relacionados ao ritmo circadiano, com suas diferentes variações de iluminação (Lotze, Treutwein, & Roenneberg, 2000). Dessa forma, esse estudo teve como objetivo avaliar a sensibilidade ao contraste visual de homens adultos saudáveis durante um período de 24 horas.

Além disso, foram verificadas características associadas à qualidade de sono e aspectos atencionais como medida de padrão comportamental dos voluntários.

Método

Participantes

Participaram deste estudo 18 voluntários do sexo masculino com idade de 19 a 31 anos ($M = 23,8$; $DP = 3,29$). Os participantes foram divididos em grupo de acordo com o padrão do cronotipo: Matutino ($n = 5$); Intermediário ($n = 9$); e Moderadamente vespertino ($n = 4$). Todos possuíam acuidade visual normal (20/20) avaliada por meio da cartela de optotipos “E” de Rasquim, sendo que sete utilizavam lentes para correção visual. Os participantes não apresentavam doenças psiquiátricas e patologias das funções ópticas identificáveis, não possuíam contato anterior direto com substâncias tóxicas (por exemplo, solventes orgânicos), e/ou máquinas de luz de raios-X e também não possuíam transtornos relacionados ao sono ou ao ciclo sono-vigília.

Instrumentos e Equipamentos

Índice de Qualidade do Sono de Pittsburgh. Instrumento utilizado para mensurar a qualidade subjetiva do sono e a ocorrência de seus distúrbios. Foi utilizada a versão brasileira (Ceolim, 1999) que é composta por sete categorias: (a) qualidade do sono; (b) latência do sono; (c) duração do sono; (d) eficiência habitual do sono; (e) distúrbios do sono; (f) uso de medicamentos para dormir; e (g) sonolência diurna e distúrbios durante todo o dia. Cada componente possui alternativas com pontuações de 0 a 3 pontos, sendo que 0 indica “nenhum” e 3 “problema grave”. A soma total dos pontos podia variar de 0 a 21 pontos. Valores maiores indicam qualidade de sono pobre (Furlani & Ceolim, 2005).

Escala de Sonolência de Karolinska. Medida subjetiva do sono de nove pontos, na qual o participante é orientado a marcar o valor que entende ser a melhor representação do seu estado no momento. A escala é precedida pela pergunta “Como você se sente nesse momento?” (Akerstedt & Gillberg, 1990).

Questionário para Identificação de Indivíduos Matutinos e Vespertinos. Elaborado por Horne e Ostberg (1976) e validado/adaptado para a língua portuguesa por Benedito-Silva, Menna-Barreto, Marques e Tenreiro (1990). É composto por perguntas a respeito de atividades habituais da vida diária, para as quais o indivíduo deve registrar livremente seus horários preferenciais. Os resultados podiam variar de 16 a 86 pontos, classificando os indivíduos em cinco diferentes cronotipos: vespertino (16 a 30 pontos), moderadamente vespertino (31 a 41 pontos), indiferente ou intermediário (42 a 58 pontos), moderadamente matutino (59 a 69 pontos) e matutino (70 a 86 pontos).

Escala Analógica Visual para Atenção. Elaborada para avaliar aspectos de experiências subjetivas relacionadas

às dimensões fadiga, tensão, atenção e estado de alerta durante um período de 24 horas. O participante assinava sua resposta em algum ponto de uma reta com 20 cm, na qual um de seus extremos referente ao número 0 equivalia a “nada” e outro extremo, referente ao número 20, equivalia a “muito”.

Teste de Stroop. Utilizou-se para medir a atenção seletiva dos participantes. Este teste é composto por três tarefas: leitura, reconhecimento e nomeação de cor. O instrumento possui três cartões com palavras que variavam em composições de cor e brilho (Stroop, 1935).

Metropsis (Cambridge Research Systems). As medidas de sensibilidade ao contraste foram realizadas com o *software* Metropsis. Esse programa fornece uma avaliação clínica da FSC a partir de uma gama de frequências espaciais das funções. Os estímulos foram apresentados em um monitor de vídeo colorido CRT (*Cathodic Ray Tube*), com tela plana de 19" com resolução de 1.024 x 786 pixels e taxa de atualização de 100 Hz. O monitor foi controlado por um microcomputador por meio de uma placa de vídeo com entrada VGA e DVI, conectado ao *Vi-SaGe*, um *hardware* gerador de estímulos com linguagem computacional *Matlab* capaz de controlar precisamente a voltagem da tela do monitor em 14 bits, possibilitando a geração de estímulos com melhor definição e gradação de luminância e contraste.

A luminância e a correção gama do monitor foram ajustadas com o programa *LightScan* e o fotômetro *OptiCAL* (*Cambridge Research Systems*). O valor da luminância média do monitor foi de 42,6 cd/m². Além disso, utilizou-se neste estudo estímulos visuais acromáticos do tipo grade senoidal vertical com frequências espaciais de 0,2; 0,6; 1; 3,1; 6,1; 8,8; 13,2 e 15,6 com fase inicial de 180°. Os estímulos possuíam formatos quadriculares com dimensões de 5 graus de ângulo visual, apresentados no monitor com 2,5 graus do centro da tela para a periferia.

O laboratório experimental fica localizado em 07° 06' 54" S de latitude e 34° 51' 47" W de longitude com uma amplitude de 47 m. Foi controlado a temperatura em 26°C a uma iluminação de 520lux. As paredes eram cinza para melhor controle da luminância durante os experimentos.

Procedimento

A pesquisa foi realizada em dois momentos: a primeira fase caracterizou-se pela avaliação da acuidade visual e os padrões de qualidade do sono, como critério de inclusão, para isso utilizou-se a cartela de optotipos “E” de Rasquim, o Índice de Qualidade do Sono de Pittsburgh e o questionário de identificação do cronotipo. Na segunda fase foram realizadas medidas para a escala de sonolência, as dimensões de fadiga, tensão, atenção e estado de alerta e de sensibilidade ao contraste. Essas medidas seguiram o protocolo circadiano de 24 horas.

Os participantes foram orientados a manter um padrão habitual atividade-reposo de 48 horas antes de iniciar o experimento. As orientações foram: (a) não realizar ativi-

dades físicas diferentes das habituais; (b) não fazer uso de álcool ou outro tipo de droga; (c) não dormir ou cochilar durante o dia do teste. Todas as instruções foram fundamentadas de acordo com os paradigmas metodológicos de estudos em ritmos circadianos (Besílio, Carneiro, Silva, Fortes, & Araújo 2012).

As medidas foram realizadas seguindo o protocolo circadiano de um ritmo de 24 horas. Esse protocolo seguiu a seguinte ordem: foram realizadas medidas em três pontos ou picos de horários, onde todos os participantes passaram pelas mesmas condições de testes nas faixas horárias de 07h (*DP* = 11min), 15h (*DP* = 8min) e 23h (*DP* = 5min). Os experimentos tiveram em média uma duração de 30 minutos.

As medidas de sensibilidade ao contraste foram realizadas por meio do método psicofísico da escolha forçada com duas alternativas espaciais (o estímulo era apresentado, de forma aleatória, no lado direito ou esquerdo da tela do monitor). Esse método possui maior acurácia de estimação de limiar de contraste (Pelli & Bex, 2013). A tarefa do participante era identificar se o estímulo de grade senoidal, apresentado sobre um fundo homogêneo, encontrava-se à esquerda ou à direita. As respostas eram acionadas em uma chave de controle (modelo CB6, *Cambridge Research Systems*). Assim, ao certificar-se de que o voluntário tinha compreendido a tarefa, o experimentador iniciava a sessão experimental e acompanhava as respostas em um segundo monitor (LCD – *Liquid Crystal Display*).

Utilizou-se o método da escada dinâmico em escala logarítmica com variação em dois níveis para apresentação dos estímulos. Inicialmente os valores de contraste apareceram em nível supralimiar (no qual se esperava que o participante realizasse uma série de respostas corretas) com o critério de reversão da escada de três acertos a um erro. Assim, na série de três acertos consecutivos o contraste diminuía em 0,7 decibéis (dB); e a cada resposta errada os valores de contraste aumentava em 1,0 dB. Após o registro de 10 reversões (valores máximos e mínimos de limiares) para cada frequência espacial o experimento finalizava.

Os estímulos apareciam na tela do monitor de forma aleatória tanto para a posição (direita ou esquerda) quanto para frequência espacial. Os estímulos tinham o tempo de exposição de 200ms, com intervalo entre eles de 100ms. Esse processo se repetiu durante todo o experimento. Todas as medidas foram realizadas com visão binocular a uma distância de 150 cm da tela do monitor.

Aspectos Éticos

O estudo foi submetido na base unificada de registros de pesquisas envolvendo seres humanos (Plataforma Brasil) e aprovado pelo Comitê de Ética, sob o protocolo nº. 0318/12. A colaboração dos participantes ocorreu mediante os preceitos da Resolução nº. 196/96 do Conselho Nacional de Saúde, dentre os quais se respeitou a assinatura de um termo de consentimento livre e esclarecido, no qual se elucidaram os objetivos do estudo.

Resultados

Análise da Qualidade de Sono e Aspectos Atencionais

Os dados mostraram que no dia anterior ao teste os participantes foram dormir aproximadamente às 00h20min ($DP = 45'15min$) e acordaram às 06h40min ($DP = 40'30min$) apresentando uma amplitude de sono total de 06h20min ($DP = 58'03min$). As medidas mostraram índices satisfatórios para qualidade ($M=0,82$; $DP=0,7$), latência ($M=0,81$; $DP=0,9$) e duração ($M=0,75$; $DP=0,6$) do sono.

A análise para a escala de sonolência de Karolinska apresentou distribuição normal ($K-S > 0,05$). A análise de variância (ANOVA) para medidas repetidas mostrou diferença significativa para o fator cronotipo em relação aos horários de experimento, $F(2,10) = 5,2$; $p < 0,05$. O teste *post hoc* Bonferroni, mostrou que pessoas matutinas estavam mais alertas que pessoas moderadamente vespertinas e intermediárias no período da manhã ($p < 0,05$). A análise não encontrou diferença entre os cronotipos para os horários da tarde e da noite. Porém 16% dos voluntários matutinos queixaram-se de sonolência, principalmente no período da noite.

As dimensões de fadiga, atenção, tensão e estado de alerta também apresentaram normalidade nos dados ($K-S > 0,05$). A Tabela 1 apresenta os valores das dimensões obtidas nos horários avaliados. Priorizou-se verificar as dimensões em níveis separados, utilizando o nível de significância de 95%. Dessa forma, os dados não apresentaram diferença significativa entre o fator dimensões e os horários de experimento. Porém, as dimensões fadiga e tensão apresentaram correlação positiva durante o período da noite ($r = 0,76$; $p < 0,05$), já a dimensão estado de alerta correlacionou-se com a dimensão atenção no período da manhã ($r = 0,58$; $p < 0,05$), tarde ($r = 0,56$; $p < 0,05$) e noite ($r = 0,89$; $p < 0,05$). Assim, os resultados mostraram que os participantes não apresentaram variações significativas nas dimensões subjetivas associadas aos padrões de cronotipos circadianos medidas neste estudo.

Tabela 1
Valores de Dimensões de Fadiga, Tensão, Atenção e Estado de Alerta da Escala Analógica Visual da Atenção

Dimensões	Horários					
	07:00		15:00		23:00	
	M	DP	M	DP	M	DP
Fadiga	7,23	3,3	6,32	2,3	7,85	3,3
Tensão	4,86	1,5	5,10	1,7	6,03	2,6
Atenção	10,88	3,4	12,30	3,3	12,0	3,1
Estado de Alerta	11,83	3,0	13,03	2,8	11,52	3,1

Com relação ao teste Stroop, os sujeitos apresentaram menores escores no período da noite, com média de 53,7 para a categoria leitura; 52,8 para reconhecimento das cores e 147,4 para nomeação das cores. No entanto, não foi encontrada diferença significativa ($p < 0,05$).

Pode-se verificar que os padrões relacionados ao sono e os aspectos atencionais não variaram significativamente ao longo dos horários de medida ($p < 0,05$).

Análise da Sensibilidade ao Contraste

Os valores de limiares de contraste foram transformados em sensibilidade ao contraste ($1/FSC$) e foram agrupados em planilhas de acordo com o cronotipo e horário do experimento (Tabela 2). Utilizou-se 10 pares de reversões (limiares) para cada frequência espacial e logo depois foi mensurada a média global da sensibilidade para traçar a FSC. Verificou-se a normalidade dos dados em todas as frequências espaciais ($K-S > 0,05$).

Os valores de sensibilidade ao contraste visual dos participantes com cronotipo Matutino foram comparados durante os horários de 07h ($n=5$), 15h ($n=5$) e 23h ($n=5$), (Tabela 2). A análise de variância (ANOVA) para medidas repetidas mostrou diferença significativa entre as frequências, $F(7; 1483) = 75,68$; $p < 0,05$, e entre o fator horário, $F(14; 76303) = 38,92$; $p < 0,05$. Já o teste *post hoc* Bonferroni mostrou diferença significativa apenas na frequência espacial de 3,1 cpq quando comparado os horários de 07h com 15h ($p < 0,001$) e 07h com 23h ($p < 0,001$). Assim, sujeitos que possuem preferências a padrões de comportamentos matutinos são cerca de 6,9 e 6,5 vezes mais sensíveis no período das 07h quando comparado a períodos próximos às 15h e 23h, respectivamente.

A Figura 1 mostra que ocorreu um pico de maior sensibilidade nas frequências espaciais de 3,1 e 6,1 cpq, com atenuações nas frequências espaciais baixas (0,2 e 0,6 cpq) e altas (13,2 e 15,6 cpq). Além disso, os participantes matutinos apresentam maiores valores de sensibilidade nas frequências médias e altas, independentemente do horário avaliado.

A Figura 2 mostra as curvas de sensibilidade ao contraste de sujeitos com cronotipo Intermediário durante os períodos das 07h ($n = 9$), 15h ($n = 9$) e 23h ($n = 9$). Os valores de maior sensibilidade correram principalmente às 7h, com exceção das frequências espaciais 1; 13,2 e 15,6 que foram às 23h. A ANOVA para medidas repetidas mostrou diferenças entre as frequências, $F(7; 7056) = 39,04$; $p < 0,05$, e entre os horários, $F(14; 505) = 2,79$; $p < 0,05$. A análise com o teste *post hoc* Bonferroni apresentou diferença significativa na frequência de 1 cpq ($p < 0,001$). Os participantes Intermediários foram 1,8 vezes mais sensíveis no período noturno do que no período das 07h e 15h, respectivamente, para frequência de 1 cpq.

Tabela 2

Sensibilidade ao Contraste Visual de Indivíduos com Cronotipos Matutino, Intermediário e Moderadamente Vespertino nos Horários de 07h, 15h e 23h

Frequências espaciais	Cronotipo					
	Matutino					
	Horários					
	07h (n = 5)		15h (n = 5)		23h (n = 5)	
	<i>M</i>	<i>DP</i>	<i>M</i>	<i>DP</i>	<i>M</i>	<i>DP</i>
0,2	15,74	2,7	24,38	9,4	15,48	3,2
0,6	24,63	4,5	32,2	5,4	27,9	4,0
1	38,0	6,4	25,05	9,6	72,33	19,9
3,1	794,3	184,0	114,6	50,5	121,42	55,6
6,1	93,29	46,0	61,98	14,03	46,64	7,6
8,8	43,96	17,4	36,32	9,6	41,75	2,0
13,2	16,4	2,8	20,83	1,7	19,82	3,0
15,6	11,59	2,9	10,74	1,6	14,37	4,1
	Intermediário					
0,2	18,63	4,8	14,15	1,8	14,26	1,9
0,6	28,49	5,2	26,18	5,7	27,84	4,8
1	36,65	6,4	37,27	5,9	67,88	41,9
3,1	59,46	20,4	46,34	13,6	54,01	16,0
6,1	46,94	21,2	35,42	10,7	44,13	15,7
8,8	42,99	22,3	32,2	12,8	28,90	10,8
13,2	10,07	2,7	17,17	7,9	17,61	7,3
15,6	7,74	1,5	8,89	2,14	8,89	3,5
	Moderadamente vespertino					
	<i>M</i>	<i>DP</i>	<i>M</i>	<i>DP</i>	<i>M</i>	<i>DP</i>
0,2	14,10	2,3	13,81	1,9	13,47	2,8
0,6	21,58	2,8	25,48	1,8	39,61	9,5
1	48,85	22,7	33,36	2,4	46,04	13,9
3,1	57,57	8,0	53,52	9,0	68,85	9,5
6,1	45,97	7,5	52,23	13,5	77,59	14,7
8,8	41,46	5,9	66,48	22,2	48,88	12,3
13,2	15,5	4,3	17,07	2,2	22,74	3,9
15,6	10,16	3,8	11,21	2,7	14,0	2,0

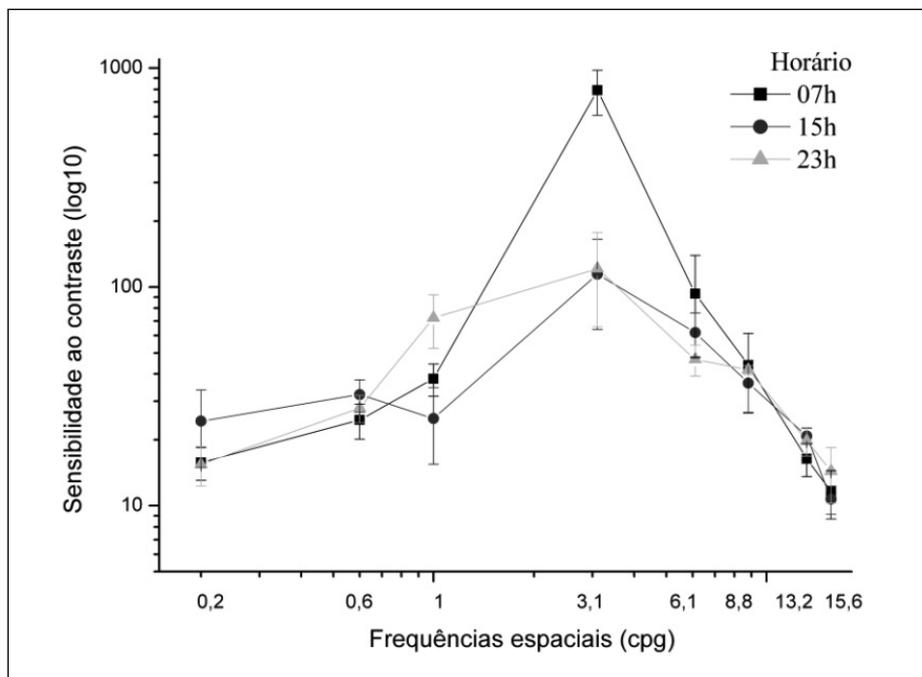


Figura 1. Função de sensibilidade ao contraste para indivíduos com cronotipo matutino nos horários de 07h, 15h e 23h. As barras verticais indicam o erro padrão da média.

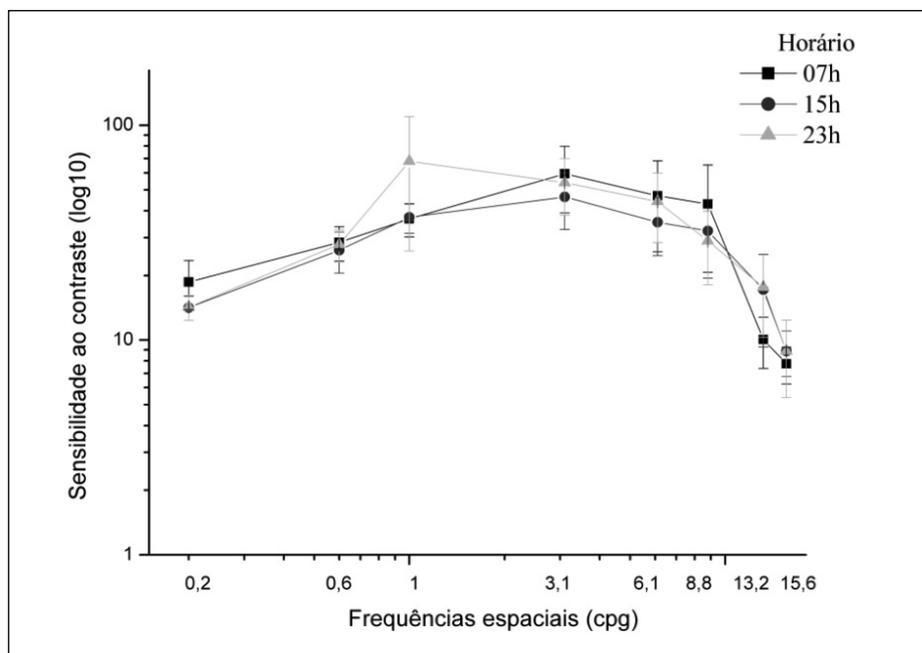


Figura 2. Função de sensibilidade ao contraste para indivíduos com cronotipo intermediário nos horários de 07h, 15h e 23h. As barras verticais indicam o erro padrão da média para cada grupo.

A sensibilidade ao contraste para indivíduos Moderadamente Vespertinos foram comparados durante os horários de 07h ($n = 4$), 15h ($n = 4$) e 23h ($n = 4$). De forma geral, os sujeitos apresentaram maiores valores de sensibilidade durante o período das 23h e menores valores no horário das 7h. A ANOVA para medidas repetidas mostrou diferenças entre as frequências, $F_{(7; 4858)} = 50,53$; $p < 0,05$, e entre os horários, $F_{(14; 279)} = 2,75$; $p < 0,05$. A análise com o

post hoc Bonferroni mostrou diferença significativa nas frequências espaciais de 0,6; 6,1 e 8,8 cpg para um $p < 0,001$, respectivamente. Os participantes Moderadamente vespertinos foram 1,8 (para frequência espacial de 0,6 cpg) e 1,7 (para frequência espacial de 6,1 cpg) vezes mais sensíveis no horário das 23h do que o horário das 7h; e 1,6 (para frequência espacial de 8,8 cpg) vezes mais sensíveis no horário das 15h do o horário das 7h (Figura 3).

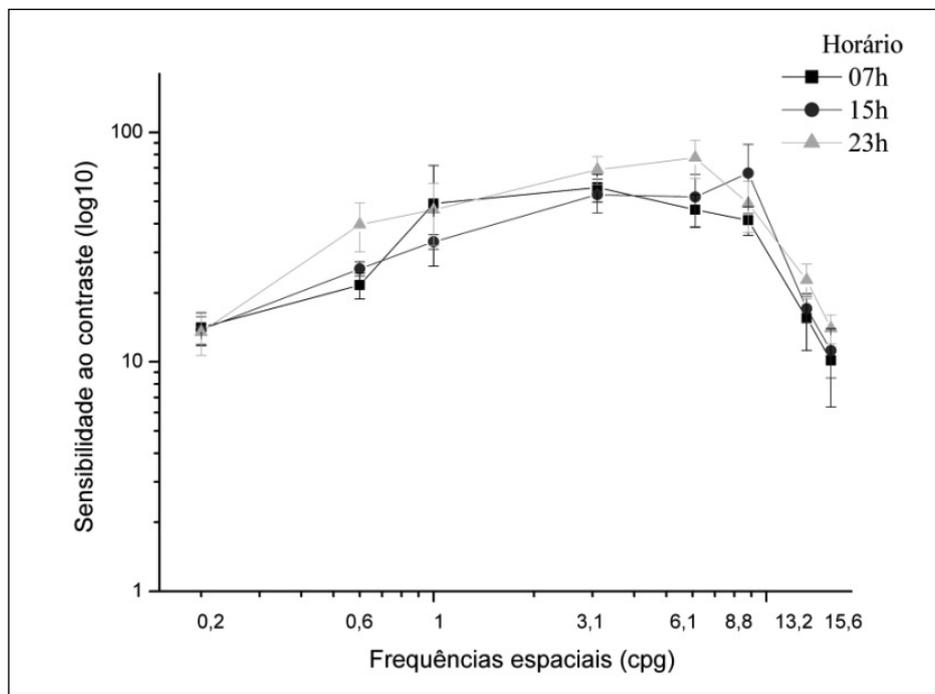


Figura 3. Função de sensibilidade ao contraste para indivíduos com cronotipo moderadamente vespertinos nos horários de 07h, 15h e 23h. As barras verticais indicam o erro padrão da média para cada grupo.

Discussão

O objetivo deste estudo foi verificar como a sensibilidade ao contraste visual de adultos saudáveis varia durante um ritmo circadiano. Também se verificou índices de qualidade de sono e atencionais como medidas avaliativas dos aspectos cognitivos dos participantes.

Os resultados mostraram que os participantes mantinham condições satisfatórias para participar da pesquisa, no qual apresentavam regularidade no tempo de latência de sono (06h20min), como indicado por Almondes e Araújo (2003). Mesmo apresentando variações nos parâmetros de alerta (mais fortes na faixa das 15h, com atenuações durante as 07h e 23h) e sonolência (aumento na proporção do sono ao longo do dia; Nagai, 2009), foi possível descrever aspectos homogêneos nos padrões de comportamento de sono da amostra. Estes parâmetros também se mantêm constantes nas dimensões de fadiga, tensão, atenção e estado de alerta ao longo das horas do dia. No entanto, existe uma estreita correlação com essas medidas, mostrando que medida que o comportamento de fadiga aumentava a noite, a tensão também aumentava e à medida que o padrão de atenção aumentava o estado de alerta também aumenta, esse último fator ocorreu em todos os horários. Ainda, existe uma relação contrária entre a correlação atenção/estado de alerta (maiores escores no período da tarde) quando comparada a correlação entre fadiga/tensão (maiores escores no período da noite). Esses resultados sugerem que os ritmos circadianos causam efeitos moduladores entre estas dimensões (Laneiro et al., 2011; Schultz & Steimer, 2009; Vandewalle, Maquet, &

Dijk, 2009). Podendo, também, estar diretamente associado às capacidades cognitivas e comportamentais do sistema visual (Hannibal, 2002; Roenneberg et al., 1992; Roenneberg & Merrow, 2003).

A função de sensibilidade ao contraste é caracterizada como uma ferramenta apropriada para determinar atributos espaciais da cena visual. Dessa forma, o presente estudo partiu da hipótese de que a redução ou a elevação da intensidade de contraste necessária para se detectar um estímulo padrão de acordo com o cronotipo e a hora do dia é um sinal de alteração dos mecanismos sensoriais que processam contraste durante um ritmo de 24h. De forma geral, os participantes apresentaram a curva de sensibilidade ao contraste de acordo com a literatura com picos de sensibilidade em frequências espaciais médias e atenuações em frequências espaciais baixas e altas (Santos & Simas, 2002).

A sensibilidade ao contraste para indivíduos matutinos mostrou uma breve relação com os estudos sobre sensibilidade visual de Tassi e Pins (1997). Para estes autores o limiar de detecção sensorial aumenta fortemente durante o turno da manhã (Tabela 1) com arrastamento da informação prolongada para o turno da tarde e diminuição no período da noite. Nesse estudo, os sujeitos mostraram que precisaram de menos contraste para detectar os estímulos visuais no período da manhã em relação ao período da tarde e da noite ($p < 0,05$), principalmente para frequência espacial média de 3,1 cpg (Argamaso et al., 1995; Nelson & Takahashi, 1991; Tassi & Pins, 1997). Esse tipo de frequência espacial descrever a aparência geral da imagem (Santos & Simas, 2002).

Em relação a preferências de padrões de comportamento de voluntários Intermediários, se percebe uma maior variabilidade entre a sensibilidade nos horários de medida, porém com resultados significativos para o período da noite quando comparado ao período da manhã e da tarde (1 cpg). No entanto, um aspecto importante é que a sensibilidade ao contraste manteve um padrão de comportamento semelhante nas frequências espaciais médias e altas. Esses atributos possibilitam discutir uma possível facilitação dos mecanismos de arrastamento da informação luminosa para percepção visual, mostrando que indivíduos que não possuem um padrão de cronotipo definido detectam de maneira variada a sensibilidade visual fornecida no espaço, porém necessitando de mais contraste para perceber estímulos elementares no período noturno ($p < 0,05$; Glickman et al., 2012; Hannibal, 2002; Hatori & Panda, 2010; Hattar et al., 2002; Rea et al., 2010). Em consonância, a necessidade de contraste visual também ocorreu, em maior número de frequências espaciais (0,6; 6,1 e 8,8 cpg), para sujeitos moderadamente vespertinos. Esses dados possibilitam discutir que por esses indivíduos possuírem preferência em realizar suas atividades em horários noturnos, eles possivelmente são mais sensíveis para detectar informações globais da imagem (frequência espacial baixa) e detalhes finos dos objetos no horário da noite em relação ao horário da manhã.

A medida da sensibilidade ao contraste em função de várias frequências espaciais ainda é um aspecto recente dentro do campo da ritmicidade circadiana. O estudo de Struck, Rodnitzky e Dobson (1990) foi um das únicas pesquisas a avaliar a variabilidade do contraste visual para estímulos espaciais de grades lineares. No entanto, esses autores demonstraram, a partir do método psicofísico, que a sensibilidade ao contraste para frequências espaciais médias (3 e 6 cpg) diminuiu significativamente no período da tarde (14:30), porém estes resultados foram para sujeitos com transtorno neurodegenerativo de Parkinson. Além disso, os sujeitos foram avaliados monocularmente e o não foram explicitados a condição de luminância e cronotipo dos participantes do estudo. No presente estudo, os sujeitos foram avaliados binocularmente em condição de luminância fotópica ($42,6 \text{ cd/m}^2$).

Outro estudo, porém com modelo animal, demonstrou uma maior sensibilidade ao contraste durante o dia para ratos em condições de luminância fotópica apenas em frequências espaciais baixas (0,031; 0,064; 0,092; 0,103; 0,192 e 0,272 cpg; Hwang et al., 2013). Esse estudo sugere que também existe uma variabilidade no contraste visual de animais de acordo com o horário do dia, possibilitando novas pesquisas com modelos animais sobre o sistema visual e a ritmicidade circadiana.

Contudo, a sensibilidade ao contraste torna-se um aspecto importante para o estudo da percepção visual circadiana. Dessa forma, pode-se propor que a detecção do contraste visual está diretamente relacionada ao padrão de cronotipo dos indivíduos e o horário de suas medidas. Os mecanismos que processam contraste para indivíduos

matutino, intermediários e moderadamente vespertinos são, aparentemente, diferentes ao longo de um ritmo de 24 horas, onde sujeitos matutinos são mais sensíveis durante o período da manhã, com arrastamento da informação para tarde; e intermediários e moderadamente vespertinos possuem uma maior variabilidade na detecção de contraste visual no período da noite, principalmente para frequências espaciais altas.

Considerações Finais

Esse estudo demonstrou que a adaptação do contraste visual pode depender de fatores ambientais. Dessa forma, percebe-se que respostas visuais diferenciam substancialmente de acordo com o cronotipo e o horário do dia. Sendo assim, indivíduos que têm preferência em acordar e dormir mais cedo indicam maiores valores de sensibilidade ao contraste visual pela manhã e pela tarde. Já indivíduos Moderadamente Vespertinos, que tem preferência em dormir e acordar mais tarde indicam maior sensibilidade ao contraste visual à noite. A utilização de medidas comportamentais e psicofísicas, combinadas a imagens funcionais e técnicas eletrofisiológicas, pode ser considerada uma importante perspectiva de medida funcional para avaliar o processamento visual durante os ritmos biológicos.

Referências

- Akersted, T., & Gillberg, M. (1990). Subjective and objective sleepiness in the active individual. *International Journal of Neuroscience*, 52, 29-37. doi:10.3109/00207459008994241
- Akutsu, H., & Legge, G. E. (1995). Discrimination of compound gratings: Spatial-frequency channels or local features? *Vision Research*, 35, 2685-2695. doi:10.1016/0042-6989(95)00030-4
- Almondes, K. M., & Araújo, J. F. (2003). Padrão do ciclo sono-vigília e sua relação com a ansiedade em estudantes universitários. *Estudos de Psicologia (Natal)*, 8(1), 37-43. doi:10.1590/S1413-294X2003000100005
- Argamaso, S. M., Allan, C., Froehlich, A. C., McCall, A. M., Provencio, E. N. I., & Foster, R. G. (1995). Photopigments and circadian systems of vertebrates. *Biophysical Chemistry*, 56(1-2), 3-11. doi:10.1016/0301-4622(95)00009-M
- Atkinson, J., Braddick, O., & Braddick, F. (1974). Acuity and contrast sensitivity of infant vision. *Nature*, 247, 403-404. Retrieved from <http://psycnet.apa.org/psycinfo/1974-22666-001>
- Bassi, C. J., & Powers, M. K. (1986). Daily fluctuations in the detectability of dim lights by humans. *Physiology and Behavior*, 38, 871-877. doi:10.1016/0031-9384(86)90056-9
- Benedito-Silva, A. A., Menna-Barreto, L. S., Marques, N., & Tenreiro, S. (1990). A self-assessment questionnaire for determination of morningness-eveningness types in Brazil. In D. K. Hayes, J. E. Pauly, & R. J. Reiter (Eds.), *Chronobiology: Its role in clinical medicine, general biology and agriculture* (pp. 89-98). New York: Wiley-Liss.
- Besílio, A. S., Carneiro, B. T., Silva, C. A., Fortes, F. S., & Araújo, J. F. (2012). Métodos cronobiológicos aplicados à neurociência clínica e experimental. In J. Landeira-Fernandez & S. S. Fukusima (Eds.), *Métodos em Neurociências* (pp. 114-127). São Paulo, SP: Manole.

- Bradley, A., & Freeman, R. D. (1982). Contrast sensitivity in children. *Vision Research*, 22, 953-959. doi:10.1016/0042-6989(82)90031-1
- Brainard, G. C., Hanifin, J. P., Greeson, J. M., Byrne, B., Glickman, G., Edward, G., & Rollag, M. D. (2001). Action spectrum for melatonin regulation in humans: Evidence for a novel circadian photoreceptor. *The Journal of Neuroscience*, 21(16), 6405-6412. Retrieved from <http://www.jneurosci.org/content/21/16/6405.abstract>
- Ceolim, M. F. (1999). *Padrões de atividade e fragmentação em pessoas idosas* (Tese de doutorado, Universidade de São Paulo, Escola de Enfermagem, Ribeirão Preto, SP, Brasil).
- Danilenko, K. V., Plisov, I. L., Cooper, H. M., Wirz-Justice, A., & Hébert, M. (2011). Human cone light sensitivity and melatonin rhythms following 24-hour continuous illumination. *Chronobiology International*, 28(5), 407-414. doi:10.3109/07420528.2011.567425
- De Valois, R. L., & De Valois, K. K. (1988). *Spatial vision*. New York: Oxford University Press.
- Duffy, J. F., & Wright, K. P. (2005). Entrainment of human circadian rhythms by light. *Journal of Biological Rhythms*, 20(4), 326-338. doi:10.1177/0748730405277983
- Elliott, D. B., & Situ, P. (1998). Visual acuity versus letter contrast sensitivity in early cataract. *Vision Research*, 38, 2047-2052. doi:10.1016/S0042-6989(97)00382-9
- Evans, J. A., Elliott, J. A., & Gorman, M. R. (2007). Circadian effects of light no brighter than moonlight. *Journal of Biological Rhythms*, 22(4), 356-67. doi:10.1177/0748730407301988
- Furlani, R., & Ceolim, M. F. (2005). Padrões de sono de estudantes ingressantes na Graduação em Enfermagem. *Revista Brasileira de Enfermagem*, 58(3), 320-324. doi:10.1590/S0034-71672005000300013
- Glickman, G., Webb, I. C., Elliott, J. A., Baltazar, R. M., Reale, M. E., Lehman, M. N., & Gorman, M. R. (2012). Photic sensitivity for circadian response to light varies with photoperiod. *Journal of Biological Rhythms*, 27(4), 308-318. doi:10.1177/0748730412450826
- Hannibal, J. (2002). Neurotransmitters of the retino-hypothalamic tract. *Cell Tissue Research*, 309(1), 73-88. doi:10.1007/s00441-002-0574-3
- Hatori, M., & Panda, S. (2010). The emerging roles of melanopsin in behavioral adaptation to light. *Trends Molecular Medicine*, 16(10), 435-446. doi:10.1016/j.molmed.2010.07.005
- Hattar, S., Liao, W., Takao, M., Berson, D. M., & Yau, K. (2002). Melanopsin-containing retinal ganglion cells: Architecture, projections, and intrinsic photosensitivity. *Science*, 295, 1065-1070. doi:10.1126/science.1069609
- Horne, J. A., & Ostberg, O. (1976). A self-assessment questionnaire to determine morningness-eveningness in human circadian rhythms. *International Journal of Chronobiology*, 4, 97-110.
- Hwang, C. K., Chaurasia, S. S., Jackson, C. R., Chan, G. C., Storm, D. R., & Luvone, P. M. (2013). Circadian rhythm of contrast sensitivity is regulated by a dopamine-neuronal PAS-domain protein 2-adenylyl cyclase 1 signaling pathway in retinal ganglion cells. *Journal of Neuroscience*, 33(38), 14989-14997. doi:10.1523/JNEUROSCI.2039-13.2013
- Koukari, W. L., & Sothorn, R. B. (2006). *Introducing biological rhythms: A primer on the temporal organization of life, with implications for health, society, reproduction, and the natural environment*. New York: Springer Science.
- Laneiro, T., Brites, R., Tap, P., Silva, A., Reguinga, O., & Guerra, S. (2011). A influência da alteração dos ciclos circadianos na auto-percepção individual: A experiência subjetiva de fadiga, atenção, tensão e satisfação na tarefa. *Psicologia, Saúde e Doenças*, 12(1), 3-17.
- Lotze, M., Treutwein, B., & Roenneberg, T. (2000). Daily rhythm for temporal resolution of the visual system. *Vision Research*, 40(25), 3467-3475. doi:10.1016/S0042-6989(00)00175-9
- Menna-Barreto, L., & Diez-Noguera, A. (2012). External temporal organization in biological rhythms. *Biological Rhythm Research*, 43, 3-14. doi:10.1080/09291016.2011.638111
- Mistlberger, R. E., & Skene, D. J. (2004). Social influences on mammalian circadian rhythms: Animal and human studies. *Biological Reviews*, 79(3), 533-556. doi:10.1017/S1464793103006353
- Nagai, R. (2009). *O trabalho de jovens universitários e repercussões no sono e na sonolência: Trabalhar e estudar afeta diretamente homens e estudar?* (Tese de doutorado, Universidade de São Paulo, SP, Brasil).
- Nelson, B. D., & Takahashi, J. S. (1991). Sensitivity and integration in a visual pathway for circadian entrainment in the hamster (*Mesocricetus Auratus*). *Journal of Physiology*, 439, 115-145. Retrieved from <http://jp.physoc.org/content/439/1/115.long>
- Owsley, C., Sekuler, R., & Siemsen, D. (1983). Contrast sensitivity throughout adulthood. *Vision Research*, 23, 689-699. doi:10.1016/0042-6989(83)90210-9
- Pelli, D. G., & Bex, P. (2013). Measuring contrast sensitivity. *Vision Research*, 20, 10-14. doi:10.1016/j.visres.2013.04.015
- Pickard, G. E., Ralph, M. R., & Menaker, M. (1987). The intergeniculate leaflet partially mediates effects of light on circadian rhythms. *Journal of Biological Rhythms*, 2, 35-56. doi:10.1177/074873048700200104
- Rea, M. S., Figueiro, M. G., Bierman, A., & Bullough, J. D. (2010). Circadian light. *Journal of Circadian Rhythms*, 8(2), 2-10. doi:10.1186/1740-3391-8-2
- Regal, P. J., & Connolly, M. S. (1980). Social influences on biological rhythms. *Behavior*, 72, 171-199. Retrieved from <http://www.jstor.org/discover/10.2307/4534023?uid=2&uid=4&sid=21104752785521>
- Roenneberg, T., Lotze, M., & Steinbüchel, N. V. (1992). Diurnal variation in human retinal sensitivity determined by incremental thresholds. *Clinical Vision Sciences*, 7, 83-91.
- Roenneberg, T., & Mrosovsky, M. (2003). The network of time: Understanding the molecular circadian system. *Current Biology*, 13(5), 198-207. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12620213>
- Santos, N. A., & Simas, M. L. B. (2002). Percepção e processamento visual em humanos: Filtros de frequências radiais de 1 e 4 cpq. *Psicologia: Reflexão & Crítica*, 15(2), 383-391. doi:10.1590/S0102-79722002000200015
- Schultz, P., & Steimer, T. (2009). Neurobiology of circadian systems. *Drugs*, 23(2), 3-13. doi:10.2165/11318620-000000000-00000
- Stroop, J. R. (1935). Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of Experimental Psychology*, 18, 643-662.
- Struck, L. K., Rodnitzky, R. L., & Dobson, J. K. (1990). Circadian fluctuations of contrast sensitivity in Parkinson's disease. *Neurology*, 40(3), 467-470.
- Tassi, P., & Pines, D. (1997). Diurnal rhythmicity for visual sensitivity in humans? *Chronobiology International*, 14, 35-48. doi:10.3109/07420529709040540
- Tassi, P., Pellerin, N., Moessinger, M., Hoeft, A., & Muzet, A. (2000). Visual resolution in humans fluctuates over the 24h period. *Chronobiology international*, 17(2), 187-195. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10757463>

- Turner, P. L., & Mainster, M. A. (2008). Circadian photoreception: Ageing and the eye's important role in systemic health. *British Journal Ophthalmology*, *92*(11), 1439-1444. doi:10.1136/bjo.2008.141747
- Van den Pol, A. N., Cao, V., & Heller, H. G. (1998). Circadian system of mice integrates brief light stimuli. *American Journal of Physiology: Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, *275*, 654-657. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9688706>
- Vandewalle, G., Maquet, P., & Dijk, D. J. (2009). Light as a modulator of cognitive brain function. *Trends Cognitive Science*, *13*(10), 429-438. doi:10.1016/j.tics.2009.07.004
- Wever, R. A. (1989). Light effects on human circadian rhythms: A review of recent Andechs experiments. *Journal of Biological Rhythms*, *4*(2), 161-185. doi:10.1177/074873048900400206
- Yoonessi, A., & Yoonessi, A. (2011). Functional assessment of Magno, Parvo and Konio-Cellular Pathways; Current state and future clinical applications. *Journal Ophthalmic Visual Research*, *6*(2), 119-126. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3306093/>
- Zhao, H., & Mainster, M. A. (2007). The effect of chromatic dispersion on pseudophakic optical performance. *British Journal Ophthalmology*, *91*, 1225-1229. doi:10.1136/bjo.2007.118745