

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
FACULDADE DE ODONTOLOGIA
GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA**

Yasmin Vasconcelos Caetano

**Potencial de transformação da dor pela cor: modulação da nocicepção por
espectro de luz visível**

Juiz de Fora
2023

Yasmin Vasconcelos Caetano

Potencial de transformação da dor pela cor: modulação da nocicepção por espectro de luz visível

Monografia apresentada à Disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Juiz de Fora, como parte dos requisitos para obtenção do título de Cirurgiã-dentista.

Orientadora: Prof^a. Dra Gisele Campos Fabri

Juiz de Fora

2023

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Vasconcelos Caetano, Yasmin .

Potencial de transformação da dor pela cor : modulação da nocicepção por espectro de luz visível / Yasmin Vasconcelos Caetano. -- 2023.

39 p. : il.

Orientadora: Gisele Campos Fabri

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Odontologia, 2023.

1. Emoção. 2. Dor. 3. Cor. I. Campos Fabri, Gisele, orient. II. Título.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
REITORIA - FACODONTO - Coordenação do Curso de Odontologia

Yasmin Vasconcelos Caetano

Potencial de transformação da dor pela cor: modulação da nocicepção por espectro de luz visível.

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Juiz de Fora como requisito parcial à obtenção do título de Cirurgião-Dentista.

Aprovada(o) em 12 de dezembro de 2023.

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dr^a. Gisele Maria Campos Fabri
Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof. Dr. Gracieli Prado Elias
Universidade Federal de Juiz de Fora

Me. Arnaud Alves Bezerra Júnior
Universidade Federal de Juiz de Fora

Dedico este trabalho a Deus, que plantou em mim o sonho de cursar essa faculdade, e hoje me encontro aqui, perto de encerrar este ciclo e muito grata por esta caminhada.

AGRADECIMENTOS

A minha mãe, por sempre acreditar que isso tudo era possível. Por sonhar e trilhar cada fase desta trajetória ao meu lado. Por ter sido o colo que precisei em momentos de fraqueza, a palavra de sabedoria em momentos de confusão e o sorriso mais sincero nos momentos de conquista. Por ter me ensinado valores que me guiaram nesta caminhada. Agradeço por ser meu exemplo de pessoa em caráter, empatia, trabalho e amor as pessoas.

Ao meu irmão e irmã, por ter sido o porto seguro para mim e o ombro amigo que sempre pude buscar. Por terem tornado essa trajetória possível ao construir uma estrada segura para que eu pudesse caminhar. Agradeço por sempre estarem torcendo por mim.

Ao meu amor, por me motivar todos os dias, sempre me lembrando que o segredo desta realização sempre foi dedicação, trabalho e amor. Agradeço por seu companheirismo, atenção e paciência.

A minha orientadora, que fez crescer em mim o amor por essa linda profissão. Por ser exemplo de profissional e pessoa, por todo incentivo, dedicação e paciência. Agradeço por confiar a mim este trabalho que agora entregamos com tanto carinho.

Aos amigos, que tornaram essa caminhada mais leve. Agradeço por todas risadas e por dividirem os momentos difíceis durante o curso.

A todos vocês, o meu sincero “obrigada!”

“Tudo tem o seu tempo determinado, e há tempo para todo o propósito debaixo do céu [...] há tempo de plantar e tempo de colher o que se plantou.”

(Eclesiastes 3: 1-2)

RESUMO

A experiência dolorosa é complexa, individual e desagradável para os indivíduos, por isso é de interesse na área da saúde a busca por novos métodos de controle da dor. Assim, a presente revisão teve como objetivo desvendar com base em evidências científicas se as cores tem efeito modulador sobre a nocicepção. Este estudo trata-se de uma revisão narrativa da literatura com base em artigos encontrados nas bases de dados *Pubmed* e *Scielo*. Os resultados encontrados na literatura revelam que os estímulos coloridos podem provocar tanto analgesia, quanto hipersensibilidade, a depender do comprimento de onda, da intensidade e da via de exposição. Estudos demonstraram que a luz verde foi capaz de reduzir a experiência dolorosa e episódios de enxaqueca, o que evidencia que esse espectro pode ter um efeito de antinocicepção. Por outro lado, outros estudos demonstraram que a luz vermelha, foi capaz de produzir hiperalgesia térmica e alodinia mecânica generalizada em ratos; e a luz azul foi a que provocou maior ativação de áreas cerebrais relacionada ao processamento da dor, revelando um efeito pró-nociceptivo de ambos os espectros. Os mecanismos por trás desses efeitos encontrados ainda não são bem conhecidos, porém a literatura descreve que os estímulos coloridos podem modular a nocicepção através do sistema visual, por ação de cones e CGRIFs, e pelo sistema modulador descendente na RVM. Além disso, outros autores têm descrito a influência indireta da cor sobre a dor, mediada por estados emocionais de excitação e atenção, produzidos através de associações aprendidas. Os achados desta revisão abrem novas perspectivas para pesquisas futuras que explorem o emprego das cores no contexto da saúde, visando desenvolver abordagens inovadoras para o tratamento de pacientes. Entretanto, a relação entre cor e dor é complexa, e envolve aspectos de diversas áreas, como Psicologia, Medicina, Cromoterapia, o que revela a necessidade de uma integração de dados multidisciplinares, com a colaboração entre especialistas de diferentes campos para desenvolver novas concepções sobre esta relação.

Palavras-chave: “Dor”, “Emoção”, “Cor”.

ABSTRACT

The painful experience is complex, individual and unpleasant for individuals, which is why it is of interest in the health sector to search for new methods of pain control. Therefore, the present review aimed to uncover, based on scientific evidence, whether colors (visible light spectrums) have a modulating effect on nociception. This study is a narrative review of the literature based on articles found in the Pubmed and Scielo databases. The results found in the literature reveal that colored stimuli can cause both analgesia and hypersensitivity, depending on the wavelength, intensity and route of exposure. Studies have shown that green light was able to reduce painful experiences and migraine episodes, which shows that this spectrum can have an antinociceptive effect. On the other hand, other studies demonstrated that red light was capable of producing thermal hyperalgesia and generalized mechanical allodynia in rats; and blue light was the one that caused the greatest activation of brain areas related to pain processing, revealing a pro-nociceptive effect of both spectrums. The mechanisms behind these effects are not yet well known, however the literature describes that colored stimuli can modulate nociception through the visual system, through the action of cones and CGRIFs, and through the descending modulator system in the MVR. Furthermore, other authors have described the indirect influence of color on pain, mediated by emotional states of excitement and attention, produced through learned associations. The findings of this review open new perspectives for future research that explores the use of colors in the context of healthcare, aiming to develop innovative approaches to treating patients. However, the relationship between color and pain is complex, and involves aspects from different areas, such as Psychology, Medicine, Chromotherapy, which reveals the need for integration of multidisciplinary data, with collaboration between specialists from different fields to develop new conceptions about this relationship.

Keywords: "Pain", "Emotion" , "Color".

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	– Transmissão sensitiva da dor.....	21
Figura 2	– Transmissão da nocicepção através do Trato Espinhal Trigeminal.	22
Figura 3	– Vias de indução da dor por estímulo colorido.....	28
Figura 4	– Vias de analgesia da dor por estímulo colorido.....	29

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CGRIFs	Células ganglionares intrinsecamente fotossensíveis da retina.
LED	Diodos emissores de luz.
NET	Núcleo espinhal trigeminal.
NPBL	Núcleo parabraquial lateral.
NPTO	Núcleo pré-tectal olivar.
NSS	Núcleo salivatório superior.
OPN4	Melanopsina.
PAG	Substância cinzenta periaquedutal.
RVM	Medula rostral ventromedial.
SNC	Sistema nervoso centralME.
SNP	Sistema nervoso periférico.
TTE	Trato trigeminal espinhal.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	PROPOSIÇÃO.....	14
3	METODOLOGIA	15
4	REVISÃO DE LITERATURA.....	16
4.1	Qual a importância da cor na vida?	16
4.2	Como a cor afeta a nossa emoção?	17
4.3	Como a emoção influencia na percepção da dor/nocicepção?	20
4.4	Como a cor pode afetar a dor?	25
5	DISCUSSÃO	32
6	CONCLUSÃO	35
	REFERÊNCIA	36

1 INTRODUÇÃO

As cores, espectros de luz visíveis, são elementos de elevada importância para o cotidiano dos seres humanos. Através das diferentes cores as pessoas são capazes de identificar, interpretar, perceber e sentir os objetos ao seu redor [28]. A visão das cores nos seres humanos, pode ser compreendida como um fenômeno de transformações, no qual a energia eletromagnética é convertida em sinal elétrico e potencial de ação na retina e, por fim, é decodificada em experiência no córtex visual. É de conhecimento da literatura científica que a luz desempenha um papel crucial em vários aspectos dos sistemas humanos, tais como o ciclo sono-vigília, o desempenho cognitivo, o funcionamento do sistema nervoso autônomo, a memória, o humor, a atividade motora, o ciclo celular, a regulação hormonal e o ritmo biológico. Pode-se, portanto, inferir que as cores têm um impacto significativo sobre esses aspectos [27].

Por outro lado, a dor é uma resposta protetora do corpo e é o quinto sinal vital. Como tal, deve ser identificada e quantificada para permitir melhor tratamento. A Associação Internacional para o Estudo da Dor define-a como “uma experiência sensorial emocional desagradável associada a um dano real ou dano tecidual potencial” [22]; ou seja, atualmente, compreende-se que a dor é um fenômeno multidimensional que não pode ser entendido apenas por seu aspecto sensorial [31]. A experiência da dor é composta por três dimensões: a sensorial, a afetiva-motivacional e a cognitivo-avaliativa. A preocupação com a dor resulta do reconhecimento de que todos temos dor, guardamos memórias da dor vivenciada e de que a dor não tratada tem consequências a longo prazo. Estudos abordam que as informações nociceptivas podem ser moduladas durante todo seu percurso, desde as terminações nervosas até as estruturas encefálicas. O sistema modulador é capaz de facilitar (pró-nocicepção) ou inibir (antinocicepção) a nocicepção, e conseqüentemente, está relacionado com aumento ou diminuição da experiência da dor [31]. De tal modo, diversos são os mecanismos modulatórios da nocicepção descritos na literatura científica [17;20;34].

Neste contexto, desvendar se o espectro de luz visível (a cor) pode auxiliar na modulação da nocicepção pode contribuir para o desenvolvimento de estratégias para minimizar a dor. Além disso, oportuniza-se construir evidências científicas de que a cor pode ser um recurso adicional para abordar com maior eficiência e conforto nossos pacientes.

2 PROPOSIÇÃO

Revisar e analisar as evidências científicas sobre os possíveis efeitos do espectro de luz visível na nocicepção.

3 METODOLOGIA

Esse estudo trata-se de uma revisão narrativa com base em uma série de artigos encontrados nas bases de dados *Pub Med* e *Scielo*. A pesquisa em base de dados foi realizada no período de novembro de 2022 a janeiro de 2023, a partir das palavras chaves, “Color”, “Emotion” e “Pain”. Foram selecionados artigos publicados entre 1993 e 2023, que abordavam a relação entre cor, dor e emoção, ou abordavam aspectos importantes destes de forma isolada. Foram excluídos artigos que não estavam em inglês. Além disso, foram adicionados artigos encontrados por meio de bola de neve, como aqueles presentes em referência dos artigos selecionados, quando esses ajudavam a contextualizar os achados.

4 REVISÃO DE LITERATURA

4.1 Qual a importância da cor na vida?

As cores são elementos de elevada importância para o cotidiano dos seres humanos, elas estão presentes na linguagem, nas paredes das construções, nas roupas, nos elementos da natureza, na Matemática e em diversos outros campos. Desde os primeiros anos de vida as cores já fazem parte do desenvolvimento dos indivíduos; ainda em idade pré-escolar, crianças já aprendem a identificar os objetos através delas; em fase de escolarização as cores passam a ser utilizadas como recurso pedagógico para que os alunos assimilem novos conceitos. O aprendizado de conhecimentos base para os seres humanos, como os algarismos, as figuras geométricas, as letras, estão atrelados a elas. Dessa forma, as cores são elementos fundamentais na interação dos indivíduos com o mundo, através delas as pessoas são capazes de identificar, interpretar, perceber e sentir os objetos ao seu redor [28].

Inicialmente, a cor é o resultado da interação dos seres vivos com a luz. Nos seres humanos, essa interação ocorre apenas com parte desta energia, denominada de espectro de luz visível. O espectro de luz visível é composto por diversos comprimentos de onda, que variam entre 380 nm a 760 nm, no qual cada um deles é interpretado por uma cor no córtex visual [26]. É importante destacar que o olho humano é capaz de assimilar mais de 7 milhões de cores, oriundas das combinações das cores primárias: vermelho, azul e amarelo; secundárias: verde, laranja e violeta; e terciárias: limão, roxo, açafrão, lavanda, âmbar e turquesa [18].

A visão das cores nos seres humanos, pode ser compreendida como um fenômeno de conversões, no qual a energia eletromagnética é transformada em sinal elétrico e potencial de ação na retina e por fim decodificada em experiência no córtex visual. Esse fenômeno se inicia com a absorção da luz na retina, através dos cones, células especializadas em transformar a energia eletromagnética em voltagens elétricas. Ainda na retina, os sinais elétricos são transformados em potenciais de ação, que por sua vez são enviados ao córtex [13]. Por fim, no córtex visual são delineados aspectos importantes da percepção da cor, como por exemplo o matiz [7]. Alguns estudiosos acreditam até que elas têm poder de cura sobre doenças, como nos princípios da Cromoterapia, onde a utilização direcionada da luz em forma de cor é capaz de restabelecer o equilíbrio do organismo [26].

4.2 Como a cor afeta a nossa emoção?

As cores são elementos que podem carregar diversos significados e emitir diferentes sensações, influenciando assim a cognição e as emoções. Diversos foram os estudos que se propuseram abordar as associações criadas na mente humana a partir da interação dos indivíduos com as cores e diferentes resultados encontrados para essas associações. Neste contexto, o vermelho está comumente associado a emoções ativas que alertam ao perigo e provocam excitação; enquanto o verde e o azul são mais frequentemente associados a sensação de tranquilidade [33].

Outro ponto essencial que tange o entendimento da influência das cores sobre os estados emocionais é o estudo da preferência de cores pelos indivíduos. Os resultados encontrados para os matizes preferidos vão de encontro às associações descritas pela literatura científica, já que por exemplo o azul, descrito como uma cor que transmite tranquilidade é também um dos matizes preferidos; enquanto o amarelo relatado como “fraco” é um dos matizes de menor preferência [18]. Os resultados desses diversos estudos acerca da influência das cores sobre os estados emocionais dos observadores permitiram que atualmente indústrias como a de *Design* de Interiores usassem as cores para transmitir sensações, comunicar e persuadir; como por exemplo o verde usado para transmitir tranquilidade, calma e equilíbrio, enquanto o vermelho simboliza excitação e atenção [18].

Diversos setores, incluindo o campo do marketing, reconheceram a importância das cores na atração de compradores. No entanto, é crucial notar que as mensagens veiculadas pelas cores variam significativamente nesse contexto. Estudos indicam, como exemplo, que o verde está sendo empregado para comunicar mensagens relacionadas a questões ambientais ou financeiras, dependendo do contexto em que é utilizado. A cor verde, assim como as demais, pode estar atrelada a diferentes mensagens, essa multiplicidade é descrita por Elliot e Mayer 2012 em sua teoria, a qual dissertam que os sentidos transmitidos por uma cor dependem de duas variáveis: predisposições biológicas e experiências vividas, ou seja, uma mesma cor pode possuir diferentes significados e influenciar de formas diferentes um indivíduo, de acordo com contexto em que ele está inserido, como por exemplo sua cultura [11]. Neste contexto, tem-se por exemplo, a cor branca que é comumente associada à pureza em sociedades ocidentais, mas na cultura chinesa, carrega conotações de tristeza devido à sua ligação com rituais de luto. Além disso, o laranja é percebido de maneira diversa em diferentes regiões do mundo, representando positividade e espiritualidade na Ásia, enquanto nos Estados Unidos, está relacionado a alertas de segurança nas estradas e atrasos no tráfego [18].

Assim, as pesquisas têm revelado que as cores têm efeito sobre o estado emocional do observador, sendo importante destacar que esses efeitos são determinados pelas três dimensões da cor (matiz, brilho e saturação), bem como por suas interações. Ao controlar os níveis de saturação e brilho, os estudos encontraram que dentre as cores, o vermelho é o que mais provoca excitação. Entretanto, a saturação também é apontada como forte influenciadora da excitação, no qual cores mais saturadas causam mais excitação que cores menos saturadas [29;32;35]. Enquanto o brilho se

mostrou importante a medida que cores mais intensamente brilhantes tendem a ser mais agradáveis do que aquelas com um brilho mais suave [32;35].

Neste contexto, diversas alterações fisiológicas (resposta galvânica da pele, eletroencefalogramas, frequência cardíaca, frequência respiratória, oximetria, frequência do piscar dos olhos, pressão sanguínea) têm sido descritas pela literatura como parâmetros de identificação de alteração de estados emocionais. Foi relatado que o nível de condutância da pele é mais alto e a resposta de condutância da pele é mais forte ao ver vermelho em comparação com estímulos azuis ou verdes. Enquanto a frequência cardíaca era maior ao expor indivíduos a cores azuis quando comparadas a vermelha. Por outro lado, estímulos acromáticos causam uma desaceleração da frequência cardíaca, enquanto os estímulos cromáticos resultam em uma aceleração. Ainda, para as cores cromáticas, há também uma tendência de maior aceleração frequência cardíaca em níveis de brilho mais elevados; todos esses resultados demonstram na prática a existência da influência dos estímulos coloridos sobre a emoção do espectador [3;29;35].

A literatura científica descreve que esses efeitos dos estímulos coloridos na emoção são predominantemente causados por avaliação cognitiva, ou seja, o conjunto de significados encontrados para as cores e seu efeito sobre a emoção, estão relacionados a associações que são aprendidas pelos indivíduos através da cultura, ou ainda, têm origens em predisposições genéticas moldadas ao longo da evolução. Isso se manifesta, por exemplo, em animais, onde a cor vermelha frequentemente atua como um sinal que direciona comportamentos cruciais para a sobrevivência. Logo, se os seres humanos reagem de forma semelhante a estímulos de cores, algumas das associações entre cores podem, de fato, refletir padrões cognitivos reforçados ou tendências de resposta modeladas com base em influências genéticas [33]. Além disso, sabe-se que ao entrar em contato com a retina humana até seu caminho final no córtex visual, o estímulo colorido percorre diversos caminhos, causando ativação de cascatas de reações e alterações celulares diversas [19]. Os estudos descrevem que ao percorrer estas trajetórias a luz pode ativar ou modular regiões cerebrais relacionadas aos processos emocionais [3,27,36], além de ter efeito em sistemas humanos importantes como o ciclo sono-vigília, o desempenho cognitivo, o funcionamento do sistema nervoso autônomo, a memória, o humor, a atividade motora, o ciclo celular, a regulação hormonal e o ritmo biológico [27].

A luz tem influência importante na alternância entre sono e vigília, luzes com um comprimento de onda de 480 nm, por exemplo, tem a capacidade de estimular a melanopsina nas células ganglionares da retina sensíveis à luz. Esse estímulo desempenha um papel crucial na regulação do ritmo circadiano, podendo atrasar o início do sono ou da vigília [36]. Pesquisadores acreditam que assim como a luz é capaz de modificar os estados de sono e vigília, as cores, como espectro da luz, podem influenciar os níveis de excitação. Isso poderia, em parte, explicar os efeitos

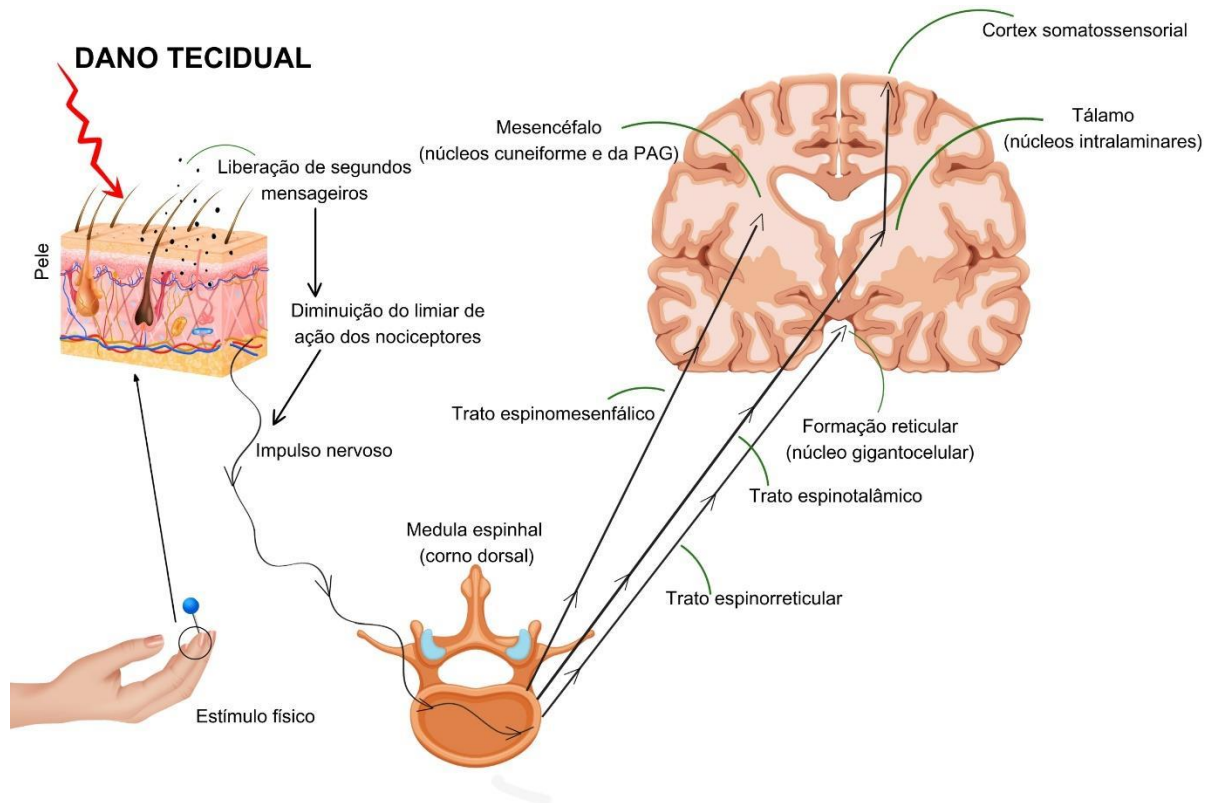
observados das cores sobre os estados emocionais, como por exemplo a tendência da cor vermelha provocar agitação e excitação [35].

4.3 Como a emoção influencia na percepção da dor/nocicepção?

A dor é uma resposta protetora do corpo e possui importância incomparável, considerada o quinto sinal vital. A Associação Internacional para o Estudo da Dor define-a como 'uma experiência sensorial emocional desagradável associada a um dano real ou dano tecidual potencial', [22]; ou seja, atualmente, compreende-se que a dor é um fenômeno multidimensional que não pode ser entendido apenas por seu aspecto sensorial [31]. Assim, a experiência da dor é composta por três dimensões: a sensorial, a afetiva-motivacional e a cognitivo-avaliativa. A dimensão sensorial tem a função de identificar a localização, o momento e o tipo de estímulo prejudicial, seja ele de natureza física, térmica ou mecânica. Ela desencadeia ações reflexas destinadas a proteger o organismo contra danos nos tecidos. Em contraste, a dimensão afetiva-emocional está ligada às emoções e é responsável por gerar a sensação de desconforto em resposta ao estímulo nocivo, ativando mecanismos que ajudam o indivíduo a lidar com a situação, como a busca por fuga ou recuperação. Por fim, a dimensão cognitivo-avaliativa se concentra na análise dos significados e das consequências de uma lesão ou dor. As dimensões sensorial e afetivo-emocional são suportadas por sistemas neurais complexos conhecidos como sistema de dor medial e lateral, respectivamente [20].

A dimensão sensitiva da dor, a nocicepção, pode ser compreendida como a transformação de estímulos físicos e químicos sentidos no sistema nervoso periférico (SNP) que são transmitidos ao sistema nervoso central (SNC) em forma de potencial de ação. Dessa forma, para que a experiência da dor seja sentida nos seres humanos uma complexa rede de eventos sensitivos deve ocorrer. Essa rede se inicia com um estímulo externo nas terminações nervosas livres, seja em pele músculos, articulações e vísceras; capaz de causar um dano tecidual e a liberação de segundos mensageiros como bradicinina-, prostaglandinas, serotonina e histamina. A ativação do sistema de segundos mensageiros provoca a redução do limiar de ação de receptores presentes nas terminações nervosas livres, gerando o impulso nervoso, que se propagando pela fibra aferente primária até o corno dorsal da medula espinhal[15]. Assim, o potencial de ação parte do corno dorsal para diversas regiões do tronco cerebral e diencefalo (Figura 1). São descritas pela literatura diversos tratos de transmissão que partem do corno dorsal até as estruturas encefálicas, cada qual um com propósito e destino diferentes; são eles; Trato Espinotalâmico, Trato Espinomesencefálico, Tratos Espino reticulares e Tratos Espino Límbicos diencefalo [34].

Figura 1- Transmissão sensitiva da dor



Legenda: O estímulo nas terminações nervosas livres libera segundos mensageiros com a redução do limiar de ação de receptores. O impulso nervoso, que se propagando pela fibra aferente primária até o corno dorsal da medula espinhal. Assim, potencial de ação parte do corno dorsal para diversas regiões do tronco cerebral e diencefalo.

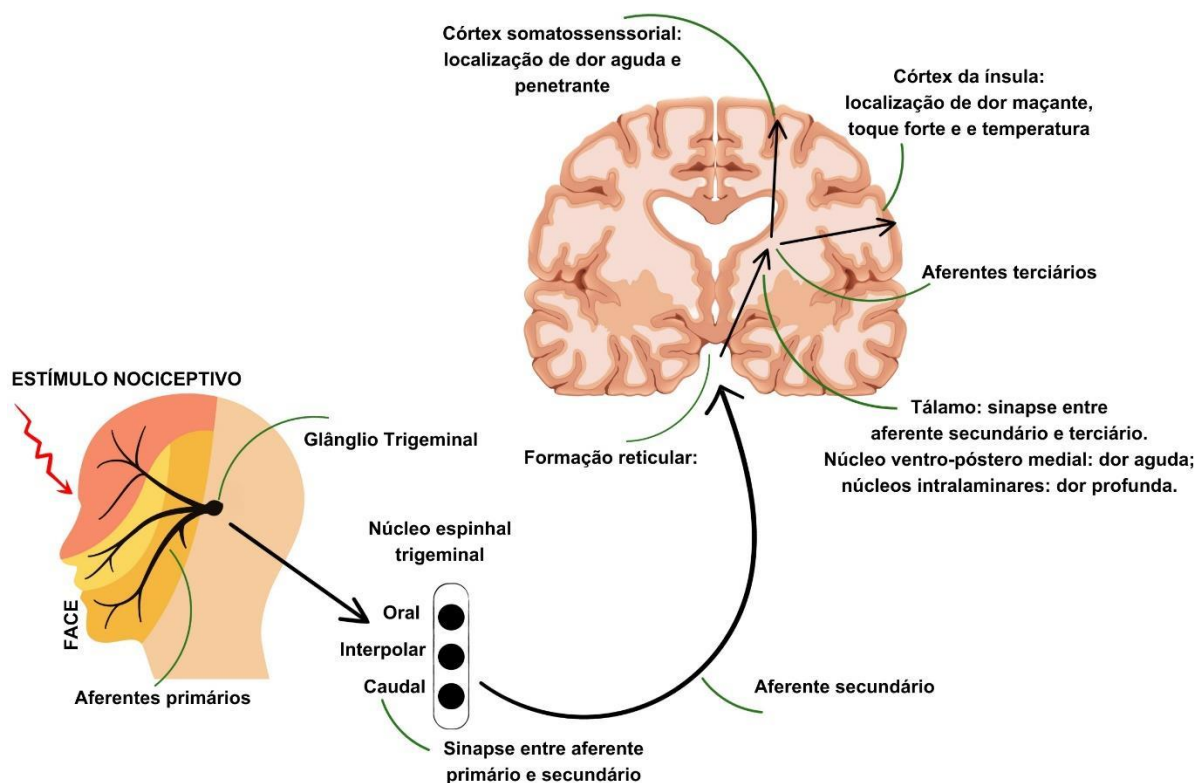
Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

O trato espinotalâmico está relacionado à transmissão ascendente da informação nociceptiva para o córtex cerebral, onde diversas regiões são responsáveis pelo processamento e modulação da dor, como córtex somatossensorial e córtex cingulado anterior. Os aferentes primários do trato espinotalâmico realizam sinapses no núcleo marginal posterior do corno posterior da medula espinhal. Por outro lado, os aferentes secundários fazem sinapses na comissura branca anterior da medula espinhal. Em seguida, essas vias ascendem na medula espinhal e direcionam-se para o diencefalo, onde finalmente terminam no tálamo. Além disso, as fibras secundárias projetam-se para a formação reticular do tronco encefálico e para a substância cinzenta periaquedutal (PAG) do mesencéfalo. No tálamo, os axônios terciários continuam seu trajeto, desembocando no giro pós-central e no lóbulo paracentral posterior do lobo parietal. Essas áreas corticais primárias são responsáveis por receber informações relacionadas à dor aguda. Por fim, as fibras dos axônios terciários também alcançam a ínsula e o giro do cíngulo rostral, áreas corticais associadas a dores crônicas e às dimensões emocionais da dor. Outros tratos de transmissão ascendente acompanham o espinotalâmico na substância branca da medula, tendo importância na transmissão da informação nociceptiva para estruturas encefálicas, como trato espinomesencefálico, os tratos espinoreticulares e vários tratos espino límbicos [15].

Além desses tratos já citados, o trato trigeminal espinhal (TTE) é também um importante via de transmissão de informações nociceptivas, porém relacionadas especificamente a região da face.

No TTE o processamento da dor tem início com um estímulo externo que sensibiliza os aferentes primários (Figura 2). Esses aferentes têm origem SNP e seguem sua trajetória para o subnúcleo caudal, onde estabelecem sinapses com os axônios secundários. Os axônios secundários, por sua vez, seguem em direção à formação reticular do tronco encefálico, terminando seu percurso no tálamo. No tálamo, os aferentes secundários realizam sinapses com os aferentes terciários. Ainda no tálamo, os núcleos ventroposteromedial do tálamo processam informações relacionadas à dor aguda, enquanto os núcleos intralaminares tratam da dor profunda e ardente, bem como das sensações de temperatura e toque intenso. Os axônios terciários percorrem diversos caminhos e terminam em áreas do córtex cerebral. No córtex somatossensorial primário, esses neurônios desempenhando um papel na localização da dor aguda e penetrante na face. Por outro lado, na ínsula eles estão relacionados à percepção da dor facial em suas diversas nuances, incluindo dor maçante, sensações de temperatura e toque forte [15].

Figura 2- Transmissão da nocicepção através do Trato Trigeminal Espinhal



Legenda: O estímulo na face provoca o impulso nervoso que segue a fibra aferente até a parte caudal do núcleo espinhal trigeminal. A partir desse ponto o potencial de ação segue até estruturas como Tálamo, Córtex da ínsula e Córtex somatossensorial, responsáveis pelo processamento de diferentes características da dor.

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

As informações nociceptivas podem ser moduladas durante todo seu percurso, desde as terminações nervosas até as estruturas encefálicas. O sistema modulador é capaz de facilitar (pró-nocicepção) ou inibir (antinocicepção), e conseqüentemente está relacionado com aumento ou diminuição da experiência da dor [31]. A modulação pode ocorrer ainda nos nociceptores de aferentes primários; nos quais podem estar presentes receptores farmacológicos de membrana para diversas substâncias como opiáceos, ácido [gama]-aminobutírico (GABA), Guanosina e canais de potássio BK, histamina, serotonina e capsaicina. Essas substâncias são capazes de provocar pró-nocicepção (histamina) ou antinocicepção (opiáceos, GABA e serotonina e capsaicina), como ocorre nos axônios primários do corno dorsal [34]. Enquanto em relação a estruturas mais complexas do SNC, diversos caminhos de modulação são descritos na literatura, tendo destaque as “Vias modulatórias descendentes [34].

As “Vias modulatórias descendentes, atuam através da inibição ou estimulação de estruturas encefálicas e a ação de neurotransmissores, como a serotonina, os opióides e as catecolaminas [34]. Participam dessas vias, regiões como o lobo frontal, o córtex cingulado anterior, a ínsula, a amígdala, o hipotálamo, a PAG o núcleo cuneiforme, e a medula rostral ventromedial (RVM) [31]. A principal via modulatória descendente está relacionada com a inibição dos neurônios do corno dorsal devido a estimulação da PAG mediada pelos núcleos da rafe. A ativação da via do PAG provoca inibição, advinda de opiáceos endógenos e serotonina [34].

As emoções desempenham um papel significativo na modulação da nocicepção, afetando a percepção e a duração dos processos dolorosos. Estados emocionais negativos, como estresse e ansiedade, têm sido associados ao aumento da sensibilidade à dor [2;17;31], enquanto emoções positivas têm demonstrado ter o efeito oposto, inibindo a percepção da dor [17].

Um estudo conduzido por C. Berna, et al., em 2010, ilustrou como estados emocionais negativos afetam a dor. Ao induzir um humor deprimido em participantes por meio de música triste, observou-se um aumento na atividade do córtex pré-frontal, hipocampo e giro cingulado anterior. Essas áreas cerebrais podem intensificar a sensação nociceptiva [31]. Além disso, a ansiedade tem sido associada ao aumento da sensibilidade à dor, devido à ativação de áreas relacionadas aos aspectos sensoriais da dor, como as regiões pré-frontal e amígdala. Além disso, pesquisas adicionais indicam que indivíduos ansiosos apresentam um funcionamento prejudicado em áreas relacionadas à supressão da dor e a processos antinociceptivos, como a zona pré-frontal [17]. Outros estudos também têm destacado a influência de eventos estressantes na sensibilização à dor. Acredita-se que emoções como a raiva aumentem a sensibilidade à dor, devido a uma deficiência de opioides endógenos no sistema límbico rostral [17].

A evocação de emoções positivas, por outro lado, tem o efeito de reduzir a sensibilidade à dor, o que se deve à inervação descendente do sistema da dor [17]. Nesse contexto, o circuito de recompensa cerebral tem recebido destaque, uma vez que está relacionado com a redução ou inibição das sensações dolorosas. Esse circuito é capaz de gerar estados emocionais positivos, seja através da apreciação de uma música agradável ou da visualização da foto de um parceiro romântico, o que resulta na inibição da amígdala e na ativação de opioides que atuam em um circuito mesoestriatal dopaminérgico [20].

4.4 Como a cor pode afetar a dor?

As pesquisas científicas descrevem que a exposição à luz é capaz de modular a dor, seja através de mecanismos centrais ou periféricos. Sabe-se que o efeito das cores sobre a experiência da dor depende do comprimento de onda, da intensidade e da via de exposição dos estímulos coloridos, podendo resultar em níveis de analgesia e hipersensibilidade [5]. A literatura aborda por exemplo que a exposição à luz verde através do sistema visual resulta em menos dor em um episódio agudo de enxaqueca em comparação com a exposição de outros comprimentos de onda, como branco, azul, âmbar e vermelho [23]. Enquanto vermelha tem sido associada a hiperalgesia térmica e alodinia mecânica, em estudos com ratos expostos a estímulos visuais [16]. Uma série de mecanismos têm sido descritos para explicar o efeito da luz sobre a dor (induzindo, aumentando ou diminuindo a experiência). Acredita-se que a luz pode modular a dor através do sistema visual e pela modulação da dor na RVM [5]. Além disso, outros autores têm descrito a influência indireta da cor sobre a dor através de estados emocionais de excitação e atenção, produzidos através de associações aprendidas [33].

Para compreensão dos efeitos da cor sobre a nocicepção, é necessário abarcar uma rede complexa de vias que a luz percorre nos sistemas humanos, passando por processos de recepção, transdução e modulação [19]. Inicialmente, a luz penetra na córnea do olho humano e alcança a retina. Neste ponto, ela interage com células especializadas, bastonetes, cones e células ganglionares intrinsecamente fotossensíveis da retina (CGRIFs). Bastonetes e cones desempenham papéis fundamentais tanto na formação da imagem visual como nas reações iniciais e de curta duração do reflexo pupilar em resposta à luz. Quando a luz incide sobre essas células, ela provoca a ativação de fotopigmentos, como as opsinas. Este evento desencadeia uma série de reações intracelulares que resultam no fechamento dos canais de sódio, causando a hiperpolarização da célula fotorreceptora e iniciando o processo de fototransdução. As CGRIFs por sua vez, são células não formadoras de imagem, que se projetam para várias áreas do cérebro, associadas à modulação da dor, incluindo áreas no tronco cerebral, tálamo, núcleo espinhal do nervo trigêmeo e a RVM [8; 21; 23]. Os cones também projetam informações que desempenham um papel importante na modulação da dor [23].

Diante do avanço das pesquisas acerca da modulação da dor pela cor, sabe-se atualmente que as cores podem ter um efeito de antinocicepção, dessa forma, a fototerapia com luzes coloridas têm sido amplamente estudada e utilizada para uma variedade de doenças e condições, dentre elas, disfunções temporomandibulares, ardência bucal, depressão, distúrbios do ritmo circadiano, dor durante procedimentos odontológicos, lombalgia inespecífica, enxaqueca e fibromialgia [21;23;24;25]. Ibrahim MM, et al., 2017 realizaram um estudo em ratos, no qual os animais eram expostos à

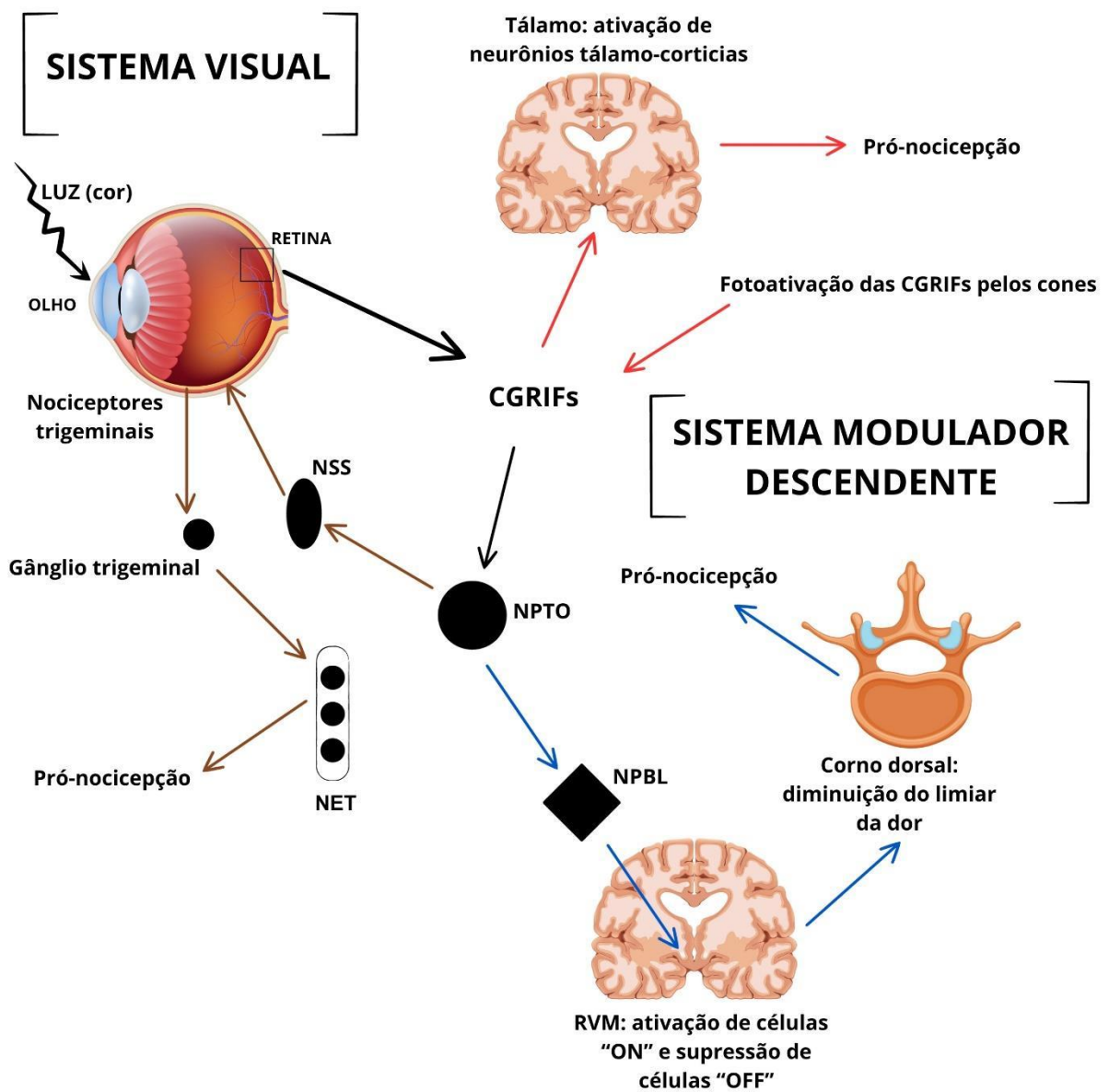
5 dias de exposição de 8 horas à luz verde (525 nm), via diodos emissores de luz (LED) em intensidade de 4 lux, a fim de avaliar o efeito de analgesia. O resultado do estudo revelou que a exposição ao LED de luz verde foi capaz de causar antinocicepção em ratos que persistiram até 4 dias após a cessação da exposição. Além disso, Cheng et al., 2022, realizaram um caso clínico com um homem de 66 anos com dores de cabeça crônicas; no qual o indivíduo era exposto ao emissor de luz verde, a fim de avaliar os efeitos da luz sobre a condição de dor. Os resultados do estudo demonstraram melhora tanto na cefaleia, quanto no sono, oriunda da exposição à cor verde. Ainda, Takemura Y. et al., 2021 também demonstraram a eficácia da terapia com luz verde ao testar 24 participantes (idade média de 40,9 anos) durante o procedimento de canulação intravenosa periférica, através da utilização de par de óculos transparentes ou par de óculos de cor verde por 15 minutos antes do procedimento. A inserção de uma agulha para a canulação intravenosa é um procedimento invasivo que pode ser doloroso e estressante. Os resultados observados indicam que o uso de óculos verdes reduziu significativamente essas experiências desagradáveis nos participantes. Ademais, Nosedá R, et al., 2016, desenvolveram um estudo que avaliou a influência das luzes coloridas sobre enxaqueca não tratada; no qual os participantes eram expostos a estímulo de luzes nas cores branco, azul, verde, âmbar e vermelho; com posterior avaliação da alteração (piora ou melhora) da cefaléia. Os resultados do estudo mostraram que a verde ativa vias retinianas dirigidas por cones em menor quantidade do que branco, azul e vermelho; e que as respostas corticais ao verde são significativamente menores do que as geradas pelas luzes azul, âmbar e vermelha. Os autores do trabalho sugerem, a partir dos resultados, que a luz verde tem menor probabilidade de exacerbar a enxaqueca e que, em baixas intensidades, pode ter efeito calmante sobre experiências dolorosas.

Em contrapartida, o mesmo estudo de Nosedá R, et al., 2016 revelou que as cores também podem possuir efeito de pró-nocicepção, ao demonstraram que a luz azul ativa mais neurônios com maior magnitude na porção tálamo (região relacionada com o processamento de aspectos da dor) quando comparada às outras luzes. Khanna R, et al., 2019 desenvolveram um estudo que fornecem substrato para o efeito de indução ou exacerbação da dor pela luz, no qual ratos foram expostos a diodos emissores de luz vermelha (LED, 660 nanômetros) a uma intensidade de 50 Lux por 8 horas diárias durante 5 dias. Os resultados do estudo revelaram que a luz vermelha foi capaz de produzir hiperalgesia térmica e alodinia mecânica generalizada nos ratos. Os dados científicos evidenciam que as luzes coloridas podem ter efeito tanto de indução quanto na diminuição das experiências dolorosas a depender do comprimento de onda, da intensidade e da via de exposição.

Os mecanismos subjacentes à modulação da dor pelas cores são sugeridos (Figura 3). A luz pode exacerbar a dor agindo através do sistema visual, através da ação tanto de células formadoras de imagem quanto de não formadoras e pela modulação da dor

na RVM. A literatura aborda por exemplo, uma possível ação das CGRIFs sobre nervo trigêmeo, isto é, estudos têm revelado que as CGRIFs são responsáveis por sensibilizar os neurônios do núcleo espinhal (NTE) projetando axônios para a periferia da retina, uma área ricamente innervada por nociceptores trigêmeos. O que ocorre nessa via é que luz que atinge a retina é recebida pelas CGRIFs e transmitida ao núcleo pré-tectal olivar (NPTO). A ativação do NPTO provoca um aumento de sinais parassimpáticos para o olho através do núcleo salivatório superior. Dessa forma neurônios do NTE são ativados por neurônios parassimpáticos pós-ganglionares e por alterações mecânicas nos vasos sanguíneos oculares [24;25]. Enquanto, outros estudos revelam uma via de indução da dor conduzida por cone [23]. Outra via que também têm sido associada a indução da dor pelos estímulos coloridos envolve mecanismos de vias modulatórias descendentes, isto é, estudiosos apontam que a luz influencia o sistema intrínseco de modulação . A literatura tem relacionado essa modulação à ativação das “células ON” facilitadoras da dor e a supressão das “células OFF” inibidoras da dor na RVM, diante dos estímulos luminosos [21].

Figura 3 - Vias de indução da dor por estímulo colorido

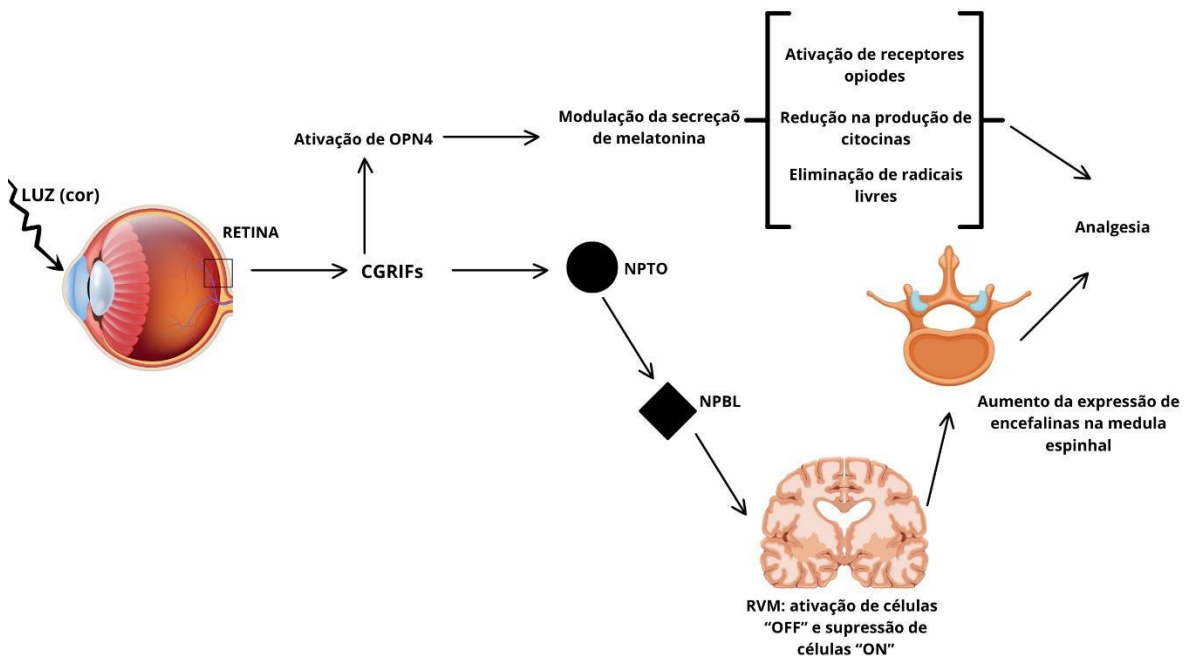


Legenda: O estímulo colorido incide sobre o olho e provoca a sensibilização de CGRIFs e cones (retina). As CGRIFs provocam a ativação de duas vias, sistema modulador descendente na RVM (seta azul) e sistema modulador no NET (seta marrom), ambas resultando em estado de pró-nocicepção. Os cones provocam a fotoativação de CGRIFs, que enviam projeções para o Tálamo (seta vermelha), resultando em estado de pró-nocicepção.

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Por outro lado, as vias envolvidas com a analgesia promovida pelas cores ainda não são bem conhecidas pela literatura científica; alguns autores descrevem uma possível relação de aumento de expressão de encefalinas por ativação de vias descendentes inibitórias (Figura 4). Isto é, a luz que percorre as vias do sistema visual, ativa as vias descendentes inibitórias da dor no RVM, envolvendo o sistema receptor mu-opiídeo, aumentando a expressão de encefalinas na medula espinal [14]. Estudos que investigaram o uso de luz branca no tratamento de dores crônicas descobriram resultados fascinantes. Eles demonstraram que ficar exposto a luzes brancas intensas de amplo espectro (>3.000 lux) por uma hora todas as manhãs ao acordar pode melhorar a sensibilidade e o comportamento relacionados à dor, nesse sentido foi observado uma mudança de aproximadamente uma hora no ritmo circadiano, indicada pelas alterações nos níveis de melatonina com pouca luz. Os resultados encontrados foram associados a produção de melatonina, já que essa substância têm sido amplamente associada a níveis de antinocicepção, por sua ações de ativação de receptores opioides, diminuição na produção de citocinas pró-inflamatórias e eliminação de radicais livres [1]. Portanto, os pesquisadores concluem que as mudanças no ciclo circadiano também desempenham um papel na explicação dos efeitos benéficos das luzes brilhantes na redução da dor [4].

Figura 4- Vias de analgesia da dor por estímulo colorido



Legenda: O estímulo colorido incide sobre o olho e provoca a sensibilização de CGRIFs (retina). As CGRIFs provocam ativação de duas vias, uma relacionada ao sistema

modulador descendente na RVM e a outra relacionada a secreção de Melatonina pela ativação de OPN4, ambas resultando em estado de analgesia.

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Alguns estudiosos acreditam que as cores também podem possuir um efeito indireto de modulação da dor, isso através da evocação de emoções, que por sua vez são capazes de ativar importantes áreas cerebrais relacionadas à pró-nocicepção ou antinocicepção, e assim aumentar ou diminuir a sensibilidade à dor. Nesse contexto, a teoria da cor no contexto Elliot e Mayer 2012 descreve que as cores têm a capacidade de carregar diferentes significados e provocar diferentes emoções, através de associações que são aprendidas durante a vida de um indivíduo ou que estão arraigadas nele por predisposições biológicas. Nesse contexto, alguns estudiosos descrevem que a cor poderia influenciar nos processos dolorosos de maneira indireta, isto é, associações aprendidas sobre as cores geram estados emocionais que por sua vez são capazes de modular a informação nociceptiva, através da ativação de vias modulatórias descendentes [33].

Nesse cenário, os principais estados emocionais conhecidos associados à modulação da dor são a atenção e a expectativa. Os estudos científicos apontam que desviar a atenção de um estímulo nocivo aumenta o limiar da dor [12]. Um experimento realizado por Duncan et al., 1987 demonstrou essa relação, ao treinar macacos para execução da tarefa de pressionar e segurar uma alavanca em resposta a sinalização por luz, até que fosse sentido um estímulo térmico no lábio; ao completar a tarefa os animais ganhavam uma recompensa. Resultados deste estudo demonstraram que os neurônios de transmissão de dor aumentaram (ou diminuíram) suas taxas de disparo em resposta ao sinal de luz e ao ato de empurrar a alavanca, mesmo antes do estímulo nocivo ser aplicado, ou seja, os macacos adquiriram a propriedade de mudar sua atividade de forma antecipada. A expectativa da dor é também um fator modulador importante, que explica por exemplo o conhecido efeito da analgesia placebo. Estudos apontam que a exposição prévia de um paciente a um tratamento analgésico aparentemente eficaz aumenta a eficácia de um placebo exposto posteriormente ao mesmo paciente. Acredita-se que qualquer ato terapêutico que o indivíduo acredita ser eficaz, pode desencadear circuitos moduladores da dor. Dessa forma, a expectativa da analgesia pode provocar ativação de vias modulatórias descendentes da dor com liberação de opiodes. Porém a expectativa pode não só provocar analgesia, bem como potencializar a experiência da dor pelos mesmos sistemas de modulação descendentes [12]. Estados emocionais de atenção e expectativa podem ser provocados pela exposição a estímulos coloridos, e por fim aumentar ou diminuir estímulos dolorosos. Um excelente exemplo para esta relação é encontrado na cor vermelha; diversos estudos revelaram que a cor vermelha é associada no senso comum a emoções como excitação, agitação e perigo [18;33;35]; indo mais além, pesquisas demonstram a cor vermelha induzia nos indivíduos respostas fisiológicas e verbais para excitação e atenção [3;29;35]. De forma semelhante, pesquisas

observaram que a cor vermelha em comparação com o verde, provocava classificações de dores mais altas. Em suma, autores sugerem que o vermelho parece guiar a atenção dos indivíduos aos processos dolorosos, que somada a expectativas de associações aprendidas, aumentam a experiência da dor [33].

5 DISCUSSÃO

Este estudo explora de forma abrangente e original como a cor pode afetar a percepção da dor reunindo evidências científicas sobre um tema complexo e com grande subjetividade. Os resultados desta revisão podem ter implicações práticas diretas e fornecer orientações para a melhoria de intervenções terapêuticas ou ambiente de tratamento, integrar abordagens multidisciplinares, como psicologia, neurociência, design de interiores, permitindo uma compreensão mais holística da influência da cor na dor.

Os estudos científicos demonstraram que a cor, espectro de luz visível, pode influenciar a experiência da dor de várias maneiras, destacando que a exposição à luz colorida pode modular a dor por meio de mecanismos centrais e periféricos [4; 5;11;14;16;21;23;30;33]. Os efeitos das cores na dor dependem do comprimento de onda, intensidade e via de exposição, podendo resultar em níveis de analgesia ou hipersensibilidade [5]. Este conhecimento pode contribuir para o desenvolvimento de ambientes terapêuticos e de produtos para intervenção com o uso de cores específicas para ajudar a modular a nocicepção. Por exemplo, a luz verde parece reduzir a dor em casos agudos de enxaqueca quando comparada a outras cores, como branco, azul, âmbar e vermelho [5;14;23;30]. No entanto, o vermelho tem sido associado a um aumento da sensibilidade à dor térmica e alodinia mecânica em estudos com animais [16].

Neste contexto compreender os mecanismos de como o espectro de luz visível afeta a nocicepção é relevante pois pode contribuir para o desenvolvimento de novas pesquisas e de novas estratégias e abordagens terapêuticas relacionadas a dor crônica e aguda. Assim, os mecanismos propostos para explicar como a cor afeta a dor, envolvem tanto o sistema visual [23;24;25] quanto a modulação da dor na RVM [13;21]. A luz alcança a retina onde ela interage com células especializadas bastonetes, cones e CGRIFs. Bastonetes e cones desempenham papéis fundamentais tanto na formação da imagem visual como nas reações iniciais e de curta duração do reflexo pupilar em resposta à luz. Enquanto as CGRIFs são células não formadoras de imagem, que se projetam para várias áreas do cérebro, associadas à modulação da dor, incluindo áreas no tronco cerebral, tálamo, núcleo espinal do nervo trigêmeo e a RVM [8; 21]. Uma das vias que influenciam a dor pela luz envolve a sensibilização do nervo trigêmeo pelas CGRIFs [24;25]. Outros mecanismos incluem a modulação de vias descendentes no sistema de modulação da dor, como a RVM [14;21]. Além disso, as cores podem afetar a dor por meio de estados emocionais, como excitação e atenção [9;12] induzidos por associações aprendidas [11;33]

Um outro aspecto interessante analisado nesta revisão foi sobre como as cores podem influenciar os estados emocionais que, por sua vez, afetam a percepção da dor. Os resultados analisados neste estudo revelaram que as cores podem influenciar nos estados emocionais dos indivíduos [3;18;27;29;33;36], seja através de aparatos

cognitivos, isto é, de associações aprendidas através do convívio social ou ativação e modulação de regiões cerebrais envolvidas com os processos emocionais [33]. A cor vermelha, associada à excitação e perigo, parece aumentar a atenção aos estímulos dolorosos e, quando associada a expectativas negativas, pode intensificar a experiência da dor [33].

Neste contexto, conclui-se que a cor pode influenciar a dor por meio de mecanismos complexos que envolvem o sistema visual, vias de modulação da dor e estados emocionais induzidos por associações aprendidas.

Desafios e direções futuras

A relação entre cor e dor é um campo de pesquisa intrigante e multidisciplinar, e há vários aspectos em que novas concepções e descobertas podem construir para avançar, ainda mais, nosso entendimento. Assim, esta revisão narrativa é relevante pois embora tenhamos uma compreensão geral de que a cor pode influenciar a dor, ainda não entendemos completamente os mecanismos neurológicos precisos por trás dessa relação. A análise das vias neurais e os processos neurofisiológicos envolvidos na percepção da dor e na forma como a cor afeta esses mecanismos pode contribuir para subsidiar pesquisas clínicas.

Como já exposto, as cores podem transmitir mensagens distintas; uma mesma cor pode possuir diferentes significados a depender da cultura em que se observa [18]. Sabendo que as interações culturais com cores variam em todo o mundo, um campo interessante é o estudo de como diferentes culturas percebem a relação entre cor e dor e como isso afeta a prática médica e os tratamentos, o que poderia resultar em pesquisas futuras promissoras.

Terapias alternativas, como a cromoterapia, têm benefícios aparentes no tratamento de várias condições de saúde. A cromoterapia baseia-se na ideia de que o corpo humano opera com base em energias vibracionais. Quando partes do corpo se afastam dessas vibrações normais, acredita-se que ocorra desequilíbrio, e a cromoterapia pode ajudar a restaurar esse equilíbrio por meio do uso de cores específicas. No entanto, a falta de estudos que explicitem os mecanismos neurológicos subjacentes a essa terapia torna necessária a realização de pesquisas futuras para avaliar sua eficácia e entender melhor como seus benefícios funcionam [26].

O sistema nervoso possui uma capacidade incrível de transformação e reorganização de suas estruturas, funções e conexões, essa capacidade denominada de neuroplasticidade, ocorre a partir tanto de estímulos externos como intrínsecos, como por exemplo diante de terapias, em resposta ao ambiente, ou ainda em resposta a doenças [6]. Dessa forma, explorar como o treinamento e a exposição repetida à cor podem afetar a percepção da dor e a neuroplasticidade do cérebro é outra área

potencialmente interessante. Isso pode abrir caminho para intervenções terapêuticas baseadas em treinamento com cores.

Pesquisas acerca da preferência de cores pelos indivíduos revelam que os mesmos matizes preferidos pela maioria dos indivíduos são aqueles que transmitem sensações positivas e emoções agradáveis, ou seja, é de se esperar que um matiz preferido possa modular positivamente seus estados emocionais [18]. Nesse sentido, com base em pesquisas futuras, pode ser possível personalizar as terapias de alívio da dor com base nas preferências de cores dos pacientes e em como essas cores afetam sua experiência de dor. Isso poderia levar a abordagens de tratamento mais eficazes e centradas no paciente.

O avanço tecnológico desempenha um papel crucial nos cuidados em saúde, os dispositivos vestíveis (*wearables*) por exemplo têm revolucionado o ramo da medicina por suas diversas possibilidades de utilização. Atualmente os *wearables* são utilizados para o monitoramento de doenças cardiovasculares, doenças neurológicas, distúrbios de movimento, entre outros [10]. A tecnologia também está desempenhando um papel crescente na pesquisa sobre a relação entre cor e dor [14;23]. O desenvolvimento de dispositivos de estimulação visual e *wearables* que possam modular a experiência de dor com base na cor é uma área em expansão.

Diante de tudo que foi exposto nesse estudo, fica claro que a relação cor e dor é extremamente complexa e envolve múltiplos aspectos causais e dimensões que esbarram em diferentes disciplinas do conhecimento como psicologia [33] cromoterapia [26] neurociência [3;14;31;33], design de interiores [18] medicina [4,23] e outras. Assim, para desenvolver novas concepções sobre esta relação é necessária uma integração de dados multidisciplinares. A colaboração entre especialistas de diferentes campos pode levar a avanços significativos.

Esses são apenas alguns dos muitos aspectos em que novas concepções podem ser construídas. A pesquisa contínua é fundamental para aprofundar nossa compreensão dessa fascinante interação entre cor e dor e para traduzir esse conhecimento em benefícios práticos para o tratamento da dor e o bem-estar geral das pessoas. O campo da pesquisa é dinâmico e evolui constantemente à medida que novas descobertas e abordagens são desenvolvidas, e a originalidade é valorizada por sua capacidade de contribuir para o avanço do conhecimento e da compreensão em uma área específica

6 CONCLUSÃO

Portanto, as evidências científicas demonstram que os estímulos coloridos possuem a capacidade de modular a nocicepção seja exacerbando ou diminuindo as experiências dolorosas, com destaque para luz verde que têm sido amplamente utilizada para diversos tratamentos na área da dor. Os mecanismos por trás desses efeitos são diversos e complexos, incluindo aspectos centrais e periféricos, destacando a modulação da dor pela cor mediada pelas emoções. Os resultados encontrados nesta revisão oferecem um campo interessante para novas pesquisas que busquem a utilização das cores nos meios de saúde, buscando novos métodos de abordagem para os pacientes. Por fim, a relação entre cor e dor é complexa, e envolve aspectos de diversas áreas, como Psicologia, Medicina, Cromoterapia, o que revela a necessidade de uma integração de dados multidisciplinares, com a colaboração entre especialistas de diferentes campos para desenvolver novas concepções sobre esta relação.

REFERÊNCIAS

1. AMBRIZ., T.M.; ROCHA, G.H.I.; CRUZ SL.; GRANADOS, S.V. Melatonin: a hormone that modulates pain. **Life Sci.** 489–498. Life Sci. 2009.
2. BERNA, C. et al. Induction of depressed mood disrupts emotion regulation neurocircuitry and enhances pain unpleasantness. **Biological psychiatry**, v. 67, n. 11, p. 1083-1090, 2010.
3. BOWER, I.S.; CLARK G.M.;TUCKER, R.; HILL, A.T.; LUM, J.A.G., MORTIMER.; M.A, Enticott ENTICOTT, P.G. Built environment color modulates autonomic and EEG indices of emotional response. **Psychophysiology**. 2022
4. BURGESS HJ.; PARK M.; ONG JC.; SHAKOOR N.; WILLIAMS DA.; BURNS J. Morning Versus Evening Bright Light Treatment at Home to Improve Function and Pain Sensitivity for Women with Fibromyalgia: A Pilot Study. **Pain Med.** 1;18(1):116-123, Jan 2017.
5. CHENG, K.; MARTIN, LF.; CALLIGARO, H.; PATWARDHAN, A.; IBRAHIM, MM. Case Report: Green Light Exposure Relieves Chronic Headache Pain in a Colorblind Patient. **Clin Med Insights Case Rep.** 2022.
6. CRAMER, S. C. et al. Harnessing neuroplasticity for clinical applications. **Brain**, v. 134, n. 6, p. 1591-1609, 2011.
7. CONWAY, BR. Color Vision, Cones, and Color-Coding in the Cortex. **The Neuroscientist**. 2009;15(3):274-290
8. DOLGONOS S.; AYYALA H.; EVINGER C. Light-induced trigeminal sensitization without central visual pathways: another mechanism for photophobia. **Invest Ophthalmol Vis Sci.** 52:7852–7858, 2011
9. DUNCAN, G.H.; BUSHNELL, M.C.; OLIVERAS, J.L.; BASTRASH, N.; TREMBLAY, N. Thalamic VPM nucleus in the behaving monkey. III. Effects of reversible inactivation by lidocaine on thermal and mechanical discrimination. **J Neurophysiol.** 70:2086–96, 1993.
10. DUNN J.; RUNGE R.; SNYDER M.; Wearables and the medical revolution. **Per Med.** 15(5):429-448, Sep 2018.
11. ELLIOT A.J.; MAIER M.A. Color theory in context. *Adv. Exp. Society Psychol.* 45, 61–125,2012.
12. FIELDS H.L. Pain modulation: expectation, opioid analgesia and virtual pain. **Prog Brain Res.** 2000;
13. GEGENFURTNER, K.I R.; KIPER, D.C. Color vision. **Annual review of neuroscience**, v. 26, n. 1, p.181-206, 2003.

14. IBRAHIM, MM.; PATWARDHAN A.; GILBRAITH KB.; MOUTAL A.; YANG X.; CHEW LA.; LARGENT-MILNES T.; Malan TP.; VANDERAH TW.; PORRECA F.; KHANA R.. Long-lasting antinociceptive effects of green light in acute and chronic pain in rats. **Pain**. 158(2):347-360, Feb 2017.
15. KHALID S.; TUBBS RS. Neuroanatomy and Neuropsychology of Pain. **Cureus**. 6;9(10), Out 2017.
16. KHANNA, R.; PATWARDHAN, A.; YANG, X., LI, W.; CAI, S., JI, Y.; CHEW, LA., DORAME, A.; BELLAMPALL, SS.; SCHMOLL, RW.; GORDON, J.; MOUTAL, A.; VANDERATH, TW.; PORRECA, F.; IBRAHIM, MM. Development and Characterization of An Injury-free Model of Functional Pain in Rats by Exposure to Red Light. **Journal Pain**.2019;1293–1306.
17. KOBERSKAYA, N.N.; TABEEVA, G.R. Rol' kognitivnykh i emotsional'nykh faktorov v formirovanii boli [A role of cognitive and emotional factors in formation of pain]. **Zh Nevrol Psikhiatr Im S S Korsakova**, Russian 121(11):111-118.. 2021.
18. KURT, S.; OSUEKE K.K. The effects of color on the mood of university students. **SAGE Open**, 4(1). 2014.
19. LAMB TD. Evolution of phototransduction, vertebrate photoreceptors and retina. **Prog Retin Eye Res**. 36:52–119, 2013.
20. LUMLEY, M.A.; COHEN, J.L.; BORSZCZ, G.S.; CANO, A.; RADCLIFFE, A.M., PORTER, L.S.; SCUBINER, H.; KEEFE, F.J. Pain and emotion: a biopsychosocial review of recent research. **J Clin Psychol**, 67(9):942-68, Sep 2011.
21. MARTENSON, ME.; HALAWA, OI.; TONSFELD, KJ.; MAXWELL, CA.; HAMMACK, N.; MIST, SD.; PENNESI, ME.; BENNETT, RM.; MAUER, KM., JONES, KD.; HEINRICHER, MM. A possible neural mechanism for photosensitivity in chronic pain. **Journal Pain**. ; 157:868–878, 2016.
22. MERKSEY, H.; BOGDUK, N. **Classification of neuropathic pain**. Seattle: IASP Press; 1994.
23. NOSEDA, R.; BERNSTEIN, CA.; NIR, RR.; LEE, AJ.; FULTON, AB.; BERTISCH, SM.; HOVAGUIMIAN, A.; CESTARI, DM.; SAAVEDRA-WALKER, R.; BORSOCK D.; DORAN, BL.; BUETTNER, C.; BURTEIN, R. Migraine photophobia originating in cone-driven retinal pathways. **Brain**. 139:1971–1986, 2016.
24. OKAMOTO, K., TASHIRO, A., CHANG, Z., BEREITER, DA., Bright light activates a trigeminal nociceptive pathway. **Journal Pain**. 149:235–242, 2010.

25. OKAMOTO, K.; THOMPSON, R.; TASHIRO, A.; CHANG, Z.; BEREITER, DA. Bright light produces Fos-positive neurons in caudal trigeminal brainstem. **Neuroscience**. 858–864, 2009.
26. SAMINA, T.; YOUSUF, A.; MOHSIN, R. A Critical Analysis of Chromotherapy and Its Scientific Evolution. **Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine**, vol. 2, 8 pages, 2005.
27. SROYKHAM, W.; WONGSATHIKUN, J.; WONGSAWAT, Y. The effects of perceiving color in living environment on QEEG, oxygen saturation, pulse rate, and emotion regulation in humans. **Annu Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc**. 2014, 6226-9, 2014.
28. SUERO, M.I.; PÉREZ, AL., DÍAZ, F.; MONTANERO, M.; PARDO, P.J.; GIL J., PALOMINO, M.I. et al. Does Daltonism influence young children's learning?. **Learning and Individual Differences**, v. 15, n. 2, p. 89-98, 2005.
29. SUK, H. J.; IRTEL, H. Emotional response to color across media. **Color Research & Application: Endorsed by Inter-Society Color Council, The Colour Group (Great Britain), Canadian Society for Color, Color Science Association of Japan, Dutch Society for the Study of Color, The Swedish Colour Centre Foundation, Colour Society of Australia, Centre Français de la Couleur**. v. 35, n. 1, p. 64-77, 2010.
30. TAKEMURA, Y.; KIDO K.; KAWANNA, H.; YAMAMOTO, T.; SANUKI, T.; MUKAI Y. Effects of Green Color Exposure on Stress, Anxiety, and Pain during Peripheral Intravenous Cannulation in Dental Patients Requiring Sedation. **Int J Environ Res Public Health**. 2021;18(11):5939
31. TRACEY, I.; MANTYH, PW. The cerebral signature for pain perception and its modulation. **Neuron**, 2;55(3):377-91, Aug 2007.
32. VALDEZ P.; MEHRABIAN A. Effects of color on emotions. **J Exp Psychol Gen**. 123(4):394-409, Dec 1994.
33. WIERCIOCH, K.K.; BABEL, P. Color Hurts. The Effect of Color on Pain Perception. **Pain Med**. 1;20(10):1955-1962 ,Oct 2019.
34. WILLIS W.D.; WESTLUND K.N. Neuroanatomy of the pain system and of the pathways that modulate pain. **J Clin Neurophysiol**. 14(1):2-31, Jan 1997.
35. WILMS, L.; OBERFELD, D. Color and emotion: effects of hue, saturation, and brightness. **Psychol Res**, 82(5):896-914, Set 2018.
36. WU, F.; WU, S.; GUI, Q.; TANG, K.; XU Q.; TAO, Y.; CHEN, M.; CHENG J.; WANG, L.; ZHANG, L. Blue light insertion at night is involved in sleep and arousal-promoting response delays and depressive-like emotion in mice. **Biosci Rep**. 26;41(3), Mar 2021.

