

# Recolocando o Corpo no Comportamento por meio da Interocepção

**Richard Barana Block**

Instituto de Biociências

Universidade de São Paulo

Junho 2022

## **1 Introdução**

Alan Fogel, em seu livro *Body Sense* [7], argumenta que, de maneira geral, estamos perdendo o contato com nós mesmos. Perder o contato com nós mesmos significa, usando o conceito do autor, de que estamos desativando nossa *autoconsciência corporeada*. A autoconsciência corporeada envolve a interocepção e o esquema corporal, e é crítica para nossa sobrevivência. O presente ensaio não irá tratar do trabalho de Fogel e a explicação de seus conceitos; porém, usa a proposta do autor, resumida na sentença anterior, para tratar de um outro problema na disciplina da Neurociência: o descolamento do cérebro tanto em relação ao comportamento, quanto ao corpo que o contém. “Perder o contato com nós mesmos” significa, em última análise, ter uma visão do cérebro independente do corpo, em que ele atua com autonomia na geração de sensações.

O ensaio tem como objetivo apresentar uma perspectiva da Neurociência que não se baseia na primazia do cérebro, e recoloca o corpo na explicação do comportamento animal. Para tanto, no restante dessa breve Introdução apresentamos o estado atual da Neurociência - tal apresentação é importante pois, no nosso entendimento, as opções filosóficas da Neurociência no estudo do comportamento servem para, ainda que indiretamente, reforçar a perda de contato com nós mesmos, como Fogel coloca - isto porque a racionalidade e o individualismo substituem a atividade no mundo, socialmente e em relação ao ambiente, e suprimem as

emoções e sensações. Na seção seguinte, faremos uma recapitulação evolutiva do cérebro. A perspectiva evolutiva do surgimento do cérebro e as modificações que surgem posteriormente servirão como base para a discussão da terceira seção do Ensaio, que traz uma teoria da interocepção como fundamento do funcionamento do cérebro - desse modo, no nosso ponto de vista, reverte a perspectiva atual do comportamento centrado no cérebro. Na última seção concluímos, apresentando uma perspectiva da interocepção com a formação da individualidade, por meio da relação com os outros.

## **2 O estado atual da Neurociência**

A Neurociência tem adotado uma visão reducionista da relação entre o cérebro e o comportamento. De um lado, avanços tecnológicos permitiram a análise cada vez mais detalhada dos processos biológicos do cérebro e de sua estrutura. Essa especialização coincidiu com a possibilidade de coletas cada vez maiores de dados, e o avanço de técnicas de programação e análise desses dados. Por outro lado, ou concomitantemente, as questões mais complexas - pela multiplicidade de fatores e interações -, ao nível do organismo, como análises funcionais de seu comportamento, sua trajetória de desenvolvimento e bases evolutivas - questões que envolvam explicações, mecanismos de comportamento, “o que significa entender o cérebro” - foram sendo deixadas de lado [12].

Matthew Cobb, em seu livro *The Idea of the Brain* [6], analisa a relação entre tecnologia e a maneira como neurocientistas (entre outros) entendem o funcionamento do cérebro. A tecnologia aqui, em certo sentido, precede aquilo que comentamos a respeito dos efeitos gerados pelos avanços tecnológicos. Para entender o cérebro, desde 1665, com um anatomista danês chamado Nicolaus Steno numa reunião informal que daria origem à *Académie des Sciences* francesa, surge a proposta de que devíamos tratá-lo como uma máquina - na época algo como uma máquina propalada por força hidráulica. Com o passar do tempo, e a descoberta e uso de novas tecnologias [de comunicação], o cérebro passou a ser comparado a um telégrafo, a uma central telefônica, e mais recentemente até os dias atuais, a um computador. Desde os anos 1950 as idéias em Biologia foram dominadas por conceitos como ciclos de retroalimentação, códigos, informação e computação - e algumas das propostas teóricas mais influentes foram rejeitadas eventualmente. As metáforas tecnológicas limitam nossa compreensão - e os experimentos que desenhamos para testar hipóteses.

Podem ser distinguidos dois movimentos, ou até mesmo consideradas “escolas de pensamento”, que contribuem para o estado atual da Neurociência. Esses movimentos introduzem termos como “processos

mentais”, pois debatem a relação entre comportamento e cérebro e fisiologia, como aspectos materiais, e a mente, que de maneira geral está associada a um termo guarda-chuva, a cognição. Processos mentais foram associados, de maneira central, à região pré-frontal do cérebro, por fisiologistas experimentais no que foi denominada a “idade de ouro da localização cerebral” entre 1870 e 1890. A seguir, surge o que chamamos de primeiro movimento, o Behaviorismo. Esta escola domina a psicologia científica por um período de tempo e defende, baseado principalmente em Skinner, contra o uso de termos mentalistas - o comportamento seria mediado pela fisiologia cerebral, não pela mente (em termos de representações). No Behaviorismo que são aplicadas as ideias de associação e condicionamento, principalmente. A Ciência Cognitiva surge como segundo movimento, um de caráter cooperativo interdisciplinar, que traz a ideia de computação - a cognição é um forma de processamento de informação; nossos mecanismos cerebrais e mentais são computações. A Neurociência herda muitos conceitos, terminologia e visões que foram trazidos pelo behaviorismo e a ciência cognitiva. A Neurociência fisiológica emprega termos mentalistas para fazer a conexão entre as funções e mecanismos neurais com seus aspectos psicológicos [4].

### **3 A Evolução do Cérebro**

Como comentamos no parágrafo anterior, Cognição é empregado como um termo guarda-chuva que serve para designar processos como atenção, memória e tomada de decisões - muitas vezes equivalentes ou relacionadas à função executiva e de controle cognitivo [4]. De maneira geral, é um termo para definir processos que fazem uso de formas explícitas de representações (mentais). Cognição faz parte da trinca da taxonomia conceitual, implícita na pesquisa de fronteira da ciência cognitiva e da Neurociência, que decompõe o comportamento em Percepção, Cognição e Ação. Cisek [5] propõe que, para entendermos a organização biológica do comportamento e evitarmos o termo (vago) cognição, bem como a decomposição artificial do comportamento em percepção-cognição-ação, recuperemos a coisa mais importante que sabemos sobre o cérebro: que ele evoluiu. Esta seção se baseia fortemente em Cisek [5], mas para em seguida apresentar a teoria que estabelece como central ao funcionamento do cérebro a interocepção e a homeostasia.

Desde o início dos sistemas de vida, a sua principal função era o metabolismo - um controle bioquímico de ciclo fechado permitia que o organismo se mantivesse em um estado dentro de um conjunto de estados desejados. Esses mecanismos de controle interno são, atualmente, chamados de fisiologia. Esses ciclos de controle envolvem não somente processos delimitados por uma membrana, pois organismos dependem de

nutrientes que se localizam fora dele - isto origina um ciclo que envolve o movimento do organismo para adquirir nutrientes, ou achar ambientes físicos mais apropriados - tais mecanismos de controle podem ser chamados de *comportamento* [5].

As células na interface entre o corpo e o mundo são, de início, pluripotentes - efetuam tanto funções motoras quanto sensoriais. À medida que aumenta a complexidade dos organismos, as células se especializam, mas permanecem algumas com a função de coordenar os sinais entre essas modalidades, células que viriam a ser chamadas de neurônios. Cisek [5] propõe que a “história evolutiva do sistema nervoso é, essencialmente, uma história de extensão contínua de tal controle cada vez mais além no mundo.”

Faremos uma breve descrição do surgimento do sistema nervoso e do cérebro nos animais (que o possuem) - essa descrição procura dar conta de que o cérebro se insere num esquema de movimento - de controle da homeostase (fisiológico) e de locomoção, interligados pela necessidade do organismo de procurar recursos e evitar a predação. Isto não significa que defendamos uma perspectiva de psicologia evolutiva, pela qual o comportamento deva estar sempre ligado à seu caráter primitivo.

Nos primeiros eumetazoários, que possuíam um formato de corpo que lembra um copo invertido, a parte apical que contém uma rede de neurônios foram um “sistema nervoso apical” - possuía células fotossensíveis e quimiossensíveis e controlam o estado comportamental básico, como homeostase e sono, entre outros, por meio de secreções hormonais. Na sua parte basal, há o “sistema nervoso blastoporal”, responsável pelo controle das contrações que produzem o fluxo de água (que carregam os nutrientes). Esses dois sistemas podem ser divididos em um chamado de “nível superior” - formado pelo sistema nervoso apical, sinaliza o “ímpeto” do organismo, como um estado de fome - e outro chamado de “nível inferior” - formado pelo sistema nervoso blastoporal, produz os movimentos que recebem comandos do sistema de nível superior, para locomoção. O sistema de nível superior comandado pelo sistema nervoso apical dá origem, nos vertebrados, ao hipotálamo. O funcionamento do sistema nervoso, desde seu início, é organizado numa forma de ciclo fechado que envolve tanto processos internos quando externos, mediados por esses dois sistemas [5]. Dessa maneira que John Dewey (citado em [5]) afirma que “a resposta motora determina o estímulo, bem como o estímulo sensorial determina o movimento.”

Avançando no tempo, em algumas linhagens dos *bilateria* - artrópodes, anelídeos, alguns moluscos e em cordados - os sistemas nervosos apical e blastoporal se fundem e vão originar a cabeça e o cérebro. Nos cordados, o sistema nervoso dobra-se e alonga-se para dentro do corpo, formando a medula espinhal. Os comportamentos, até então observados, mantém o plano de ciclo de retroalimentação (negativa) fechado -

e tem continuidade nos primeiros vertebrados. Isso significa que a ação é efetuada para diminuir o ímpeto do animal, e este voltar à homeostase. Bem como os circuitos descrevem uma oportunidade de ação, ou “affordance” de Gibson (citado por Cisek [5]) - é uma especificação de ação no mundo que não requer uma representação interna [5].

Um setor do hipotálamo se diferencia para formar um sistema olfatório de forrageio. Esse setor formará, eventualmente, o telencéfalo. Esse sistema, que anteriormente formava o sistema nervoso apical responsável pelo controle de nutrientes e arbitragem entre exploração e “exploitation” (exploração local intensiva) por meio da dopamina, a molécula de comunicação com o sistema de locomoção basal, agora torna-se capaz de avaliação do ambiente antes da ação. O telencéfalo primitivo dividia-se em *pallium* e o *subpallium*. O *subpallium* formará o *striatum* e *pallidum* dos Gânglios Basais, enquanto o *pallium* se subdividirá em setor ventrolateral, que processa sinais olfativos, gustativos, bem como visuais - em ações de aproximação e alimentação -, e o setor medial que processa sinais olfativos e visuais para guiar a locomoção. O setor ventrolateral do *pallium* formará eventualmente o bulbo olfatório, a insula e o córtex piriforme; o setor medial formará o hipocampo [5].

O plano básico do sistema nervoso de vertebrados, encontrado desde o surgimento desse filo, pode ser esquematizado por sua organização em seis neurômeros: o mais rostral destes foi chamado de “hipotálamo terminal”, um controlador de nível superior da fisiologia corporal e do comportamento pela neuromodulação; o segundo, chamado de “hipotálamo peduncular”, é um controlador de nível superior de comportamentos de forrageio simples - virá a incluir o telencéfalo. O telencéfalo, que divide-se em córtex piriforme e insula, e hipocampo, como vimos, forma uma série de ciclos paralelos sensorial-motores com os Gânglio Basais e o tálamo, além de circuitos mais caudais, até a medula espinhal. Uma parte do telencéfalo irá desenvolver-se, nos mamíferos, e formar o córtex cerebral. O que queremos destacar é que, mesmo após a diferenciação do córtex cerebral em allocórtex e neocórtex, em mamíferos e, posteriormente, em primatas, o esquema geral envolve esses ciclos recorrentes entre o córtex e os Gânglios Basais e o cerebelo [5].

Para concluir, como vamos mencionar algumas áreas do neocórtex na próxima seção, podemos já introduzi-las no esquema do sistema nervoso que apresentamos. O neocórtex, em mamíferos, divide-se em duas camadas: a camada dorsomedial é composta pelo córtex pré-frontal dorsolateral, pelas regiões cinguladas e os córtices pré-motor, motor, parietal, sensorial-motor, e retrosplenial; a camada ventrolateral inclui os córtices visceral, límbico, orbitofrontal, e gustatório, e o lobo temporal. Como veremos, a interocepção ocorre por meio do setor ventrolateral do neocórtex, via insula [5].

## 4 Recolocando o corpo no cérebro

Em concordância com a proposta de Cisek, apresentada na seção anterior, trabalhos do grupo da pesquisadora Lisa F. Barrett - entre outros trabalhos, citados em [10] - sugerem a hipótese de que a função central do cérebro é coordenar e regular, eficientemente, os requisitos energéticos do corpo. Identificando a *alostase* como “a key element in the state space of a brain,” oferece “new opportunities to build a unified science of brain, body and mind.” [10]

Alostase é definida como o “processo de ativação de sistemas fisiológicos (hormonal, autonômico, imune entre outros) com o objetivo de reconduzir o corpo à homeostase”. Bem como é um processo inserido na estrutura mais geral de *processamento preditivo*, pelo qual o cérebro antecipa e provê que sejam satisfeitos os requerimentos corporais [10].

A regulação corporal como consideração central para a evolução, desenvolvimento e função do cérebro em organismos, surge a partir de evidências que estudos evolutivos, desenvolvimentais e anatômicos sugerem como hipótese de função inicial do cérebro vertebrado na regulação dos sistemas internos dos animais, conforme eles interagem e navegam por seus nichos ambientais. Conforme os sistemas biológicos crescem, à medida que crescem corporalmente os animais vertebrados, são maiores as vantagens de um sistema que coordene e regule esses sistemas. Neurônios rudimentares surgem em um gânglio que localiza-se no topo da medula espinhal e formam estruturas do que viria a ser chamado de tronco encefálico, como o hipotálamo ventral e o tecto óptico (chamado de colículo superior em mamíferos) [9].

Quando nos referimos às representações mentais, na Introdução, desavisadamente tratamos, implicitamente, da exterocepção. A exterocepção é o processo pelo qual construímos um modelo do mundo exterior ao organismo, internamente - por exemplo, ondas de luz são capturadas pelos fotorreceptores presentes na retina, transformadas em sinais elétricos e recriadas pelo cérebro como um imagem do mundo. Este processo, que ocorre a todo instante e inconscientemente (tecnicamente referido como “awareness”, aqui traduzido como consciente), também ocorre com químicos e mudanças de pressão, para as modalidades olfativas, auditivas e gustativas, por exemplo. A exterocepção, segundo a teoria do *processamento preditivo*, funciona por meio de um modelo construído no cérebro do mundo exterior - formamos predições das informações de sentidos que esperamos encontrar, antecipadamente; quando de fato as sensações são produzidas, são confrontadas com as predições produzidas pelo cérebro e o modelo é atualizado incorporando os erros de predição [2].

A estrutura teórica do processamento preditivo permite superar a divisão entre percepção e ação, pois situa no mesmo modelo como o movimento do organismo - suas ações - é integrado com sua percepção, as sensações que o corpo cria, ao navegar pelo ambiente. A estrutura representacional da psicologia, e o que já descrevemos em relação ao Behaviorismo e à ciência cognitiva, descreve o comportamento por um fluxo estímulo-organismo-resposta - no organismo ocorre a dissociação do estímulo em percepção, cognição e ação, e as emoções recebem as informações da percepção e da cognição para influenciar nas ações e na resposta. No cérebro, segundo essa estrutura teórica, o estímulo é recebido pelo organismo e processado serialmente pelas áreas de acordo com sua modalidade - assim, características visuais de um estímulo percorrem um caminho, enquanto características de outras modalidades percorrem outros. Esses estímulos decompostos são, enfim, reconstruídos por córtices associativos, e processados por regiões límbicas, para alimentar o sistema motor e produzir respostas. A estrutura do processamento preditivo inverte, de certa forma, essa relação. A cada instante de tempo, o modelo interno do cérebro carrega em si suas trajetórias de experiências passadas, e projeta-se no futuro, produzindo sinais de predição que preparam o corpo para o movimento. Essas predições de movimento modulam a atividade sensorial do cérebro, produzindo sensações inferidas. Em termos mentais, o modelo interno do cérebro recebe os dados sensoriais produzidos, de fato, pelo movimento do organismo, que servem para testar as hipóteses do modelo. Ao mesmo tempo, são produzidas as predições de alostase e preparação de ação, que vão originar novos dados sensoriais refinando o modelo interno [9].

No cérebro, o processamento preditivo faz com que as sensações que dão origem à exterocepção sejam incorporadas (secundariamente) num processamento global que envolve, centralmente, as predições motores pelas regiões límbicas enviadas ao sistema motor, e os sinais de aprendizado recebidos de volta. A partir desse núcleo, a alostase e sinais de controle motor fazem predições também de outro sistema, mais central, de sensações - as internas, de *interocepção*. Um sistema de alostase-interocepção é assim colocado no centro do modelo interno do cérebro [9].

Apesar de tradicionalmente vistos como dois processos independentes, a exterocepção e a interocepção podem ocorrer combinadas num processo de integração multisensorial. Ambas devem se sujeitar à principal restrição do corpo e do cérebro, o uso eficiente de energia. Anatomicamente, o sistema interoceptivo funciona de maneira similar ao controle esquelético-motor, com as entradas víscero-sensoriais ligadas às saídas víscero-motoras. A função principal da interocepção é a mobilização de recursos cruciais para a sobrevivência, assim como a eliminação de resíduos - são controlados os movimentos de forrageio, ingestão,

respiração e circulação [13].

O movimento, que é a razão de existir dos processos sensoriais, não explica ou ocorre somente na interocepção. A todo instante, movimentos dentro do corpo também estão sendo coordenados e regulados pelo cérebro - a respiração, pela expansão e contração dos pulmões, bem como o movimento cardíaco, ou o tamanho do seu intestino. Os movimentos que são preditos e coordenados como locomoção por exemplo, geram predições no sistema interoceptivo-alostático que prevê como os recursos serão alocados [2].

#### **4.1 Circuito neural da Alostase-Interocepção**

O fluxo de informações relativo aos sinais de predição e aos erros de predição foram verificados pelo modelo estrutural de conexões corticocorticais. A informação flui por gradientes laminares entre regiões corticais. O modelo prevê que sinais de predição fluem de regiões com menos diferenciação laminar (por exemplo, agranulares) para regiões com mais diferenciação laminar (regiões granulares, por exemplo). Os erros de predição fluem na direção oposta [1].

Devido a suas características anatômicas, por hipótese, os córtices límbicos, e porções dos córtices cingulado, orbitofrontal e entorrinal, a insula anterior e o hipocampo seriam as regiões do sistema nervoso a gerar os sinais de predição que se espalhariam pelo córtex [9].

Barrett e Simmons [3], usando como base o modelo estrutural, propõem um modelo de predições interoceptivas, chamado de “Embodied Predictive Interoception Coding” (EPIC). Este modelo cria a hipótese, depois verificada, de que córtices víscero-motores menos diferenciados no córtex cingulado e na insula anterior gerariam as predições víscero-motoras que passariam pelo hipotálamo, “periaqueductal grey” (PAG) e outros núcleos do tronco encefálico, para controlar o ambiente interno corporal. Ao mesmo tempo, as predições das sensações geradas pelas ações víscero-motoras seriam enviadas ao córtex víscero-motor primário mais granular, na insula dorsal medial-posterior.

Kleckner e colegas [11], em seguida, testam a presença de um sistema de alostase-interocepção em humanos. Os autores encontram evidência de que este é um sistema cortical e subcortical complexo, que envolve duas redes cerebrais: a rede de “modo padrão” e a rede de saliência. Essas redes sobrepõem-se em regiões corticais super conectadas, extensivas inclusive com regiões subcorticais que controlam os sistemas imune, autonômico nervoso e endócrino. Essas redes também interagem com grupos de células localizadas no tronco encefálico, responsáveis pela liberação de neuroquímicos como a dopamina, serotonina e nora-

drenalina - envolvidas com atenção, aprendizado e consciência. Além de participar da alostase, os circuitos do cérebro envolvem-se em fenômenos como emoção, afeto, linguagem, recompensa, afiliação social, dor, julgamentos morais por outros, estresse - em suma, o sistema alostase-interoceção é muito amplo e abrange uma gama de fenômenos mentais, não só interoceptivos [2, 11].

## **5 Conclusão - Recuperando o contato com nós mesmos, e com os outros?**

O Ensaio procurou retratar como a visão dominante da relação entre cérebro e comportamento, na Neurociência, retrata o cérebro como um órgão passivo de computação - estímulos são processados por esse órgão como numa computação: estímulo-computação-resposta. Nessa visão, o corpo do animal aparece apenas como um efator dos comandos cerebrais: portanto, o caráter passivo do comportamento.

Como ponto de partida para rever alguns desses conceitos, citamos uma expressão de Alan Fogel [7] - autoconsciência corporeada - como forma de realçar outros dois componentes até então relevados ao pano de fundo comportamental: a interocepção e o esquema corporal. Vimos como, recapitulando brevemente a história evolutiva do cérebro, e a apresentação das ideias de Barrett e colegas, podemos repensar a interocepção (e a alostase) como função central do cérebro e, portanto, do comportamento.

A percepção de si (*self*) tem sido estudada e apresentada na literatura também em termos de exterocepção, quando vemos e interagimos com o outro por meio de sinais exteroceptivos, como a visão - uma das propostas de construção do *self* recai sobre a visão de si no espelho. Entretanto, aos poucos começam a surgir novas pesquisas que explicam a formação do *self* pela interocepção - além de estudos que encontram evidências de sensores na pele que ativam o sistema interoceptivo, além do exteroceptivo, outro estudo apresenta uma correlação negativa entre uma consciência interoceptiva e uma maleabilidade de autoconsciência criada por aferência multisensorial exteroceptiva [13].

Outros estudos tem destacado o aspecto multisensorial integrado de sinais interoceptivos e exteroceptivos para a formação da consciência corporal, assim como o processamento cognitivo e social-afetivo. Apesar de a interocepção ser um processo primordialmente inconsciente, pela própria integração sensorial com a exterocepção, e seu papel central no funcionamento do cérebro, tomando parte em ao menos duas redes cerebrais, a interocepção pode ser trazida do plano de fundo de uma consciência fenomenal para o

plano de frente, associada à consciência atencional [13].

A interocepção, além disso, dissolve duas barreiras que criamos - aquela entre fenômenos mentais e físicos, bem como aquela entre fenômenos mentais. A interocepção está no centro de um circuito cerebral que transforma sinais neurais, representados pelas predições, e dados dos sentidos, produzidos pelos movimentos, em estados mentais (afetivos). Em outros estudos, são apresentadas evidências da associação entre visão, respiração e batimento cardíaco, por exemplo. Assim, as barreiras entre exterocepção e interocepção são derrubadas, e coloca-se em questão qual a barreira entre cognição e emoção, entre diferentes tipos de cognição - atenção, memória, tomada de decisões - e emoções - felicidade, tristeza, raiva, entre outras [2].

Fotopoulou e Tsakiris [8] argumentam que mesmo alguns dos mínimos aspectos da individualidade (“selfhood”), as “feeling qualities associated with being an embodied subject”, são fundamentalmente formadas por interações corporeadas com outras pessoas, desde o início da infância. Os autores, concordando com as teorias de interação e de segunda-pessoa (em oposição à primeira-pessoa e terceira-pessoa), propõem que um dos principais propósitos das primeiras interações sociais é a regulação homeostática infantil. As interações corporeadas levam à constituição de uma individualidade mínima e afetiva, no desenvolvimento e além - é proposta uma teoria que recusa a supervalorização de modalidades de propriocepção, visual e verbal na formação do *eu*, enquanto interocepção, toque afetivo e dor são relegados ao segundo plano. Re-colocar o papel da interocepção como central faz com que a construção da individualidade seja um produto indivisível do corporeal e do social [8].

## References

- [1] Barbas, H. (1997). Cortical structure predicts the pattern of corticocortical connections. *Cerebral Cortex*, 7(7), 635–646. <https://doi.org/10.1093/cercor/7.7.635>
- [2] Barrett, L. F., & Quigley, K. S. (2021, July 15). *Interoception: The secret ingredient* [Dana foundation]. Retrieved July 5, 2022, from <https://dana.org/article/interoception-the-secret-ingredient/>
- [3] Barrett, L. F., & Simmons, W. K. (2015). Interoceptive predictions in the brain. *Nature Reviews Neuroscience*, 16(7), 419–429. <https://doi.org/10.1038/nrn3950>
- [4] Carlén, M. (2017). What constitutes the prefrontal cortex? *Science*, 358(6362), 478–482. <https://doi.org/10.1126/science.aan8868>

- [5] Cisek, P. (2019). Resynthesizing behavior through phylogenetic refinement. *Attention, Perception, & Psychophysics*, *81*(7), 2265–2287. <https://doi.org/10.3758/s13414-019-01760-1>
- [6] Cobb, M. (2020). *The idea of the brain: The past and future of neuroscience*. Hachette UK.
- [7] Fogel, A. (2013). *Body sense: The science and practice of embodied self-awareness (norton series on interpersonal neurobiology)*. ww norton & company.
- [8] Fotopoulou, A., & Tsakiris, M. (2017). Mentalizing homeostasis: The social origins of interoceptive inference. *Neuropsychanalysis*, *19*(1), 3–28. <https://doi.org/10.1080/15294145.2017.1294031>
- [9] Hutchinson, J. B., & Barrett, L. F. (2019). The power of predictions: An emerging paradigm for psychological research. *Current Directions in Psychological Science*, *28*(3), 280–291. <https://doi.org/10.1177/0963721419831992>
- [10] Katsumi, Y., Theriault, J. E., Quigley, K. S., & Barrett, L. F. (2022). Allostasis as a core feature of hierarchical gradients in the human brain. *Network Neuroscience*, 1–22. [https://doi.org/10.1162/netn\\_a\\_00240](https://doi.org/10.1162/netn_a_00240)
- [11] Kleckner, I. R., Zhang, J., Touroutoglou, A., Chanes, L., Xia, C., Simmons, W. K., Quigley, K. S., Dickerson, B. C., & Feldman Barrett, L. (2017). Evidence for a large-scale brain system supporting allostasis and interoception in humans. *Nature Human Behaviour*, *1*(5), 0069. <https://doi.org/10.1038/s41562-017-0069>
- [12] Krakauer, J. W., Ghazanfar, A. A., Gomez-Marin, A., MacIver, M. A., & Poeppel, D. (2017). Neuroscience needs behavior: Correcting a reductionist bias. *Neuron*, *93*(3), 480–490. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2016.12.041>
- [13] Quigley, K. S., Kanoski, S., Grill, W. M., Barrett, L. F., & Tsakiris, M. (2021). Functions of interoception: From energy regulation to experience of the self. *Trends in Neurosciences*, *44*(1), 29–38. <https://doi.org/10.1016/j.tins.2020.09.008>