

Evolução, o ‘mecanismo’ da Big History: a grande síntese

John S. Torday

Departamento de Pediatria Harbor-UCLA Medical Center

Tradução de Daniel Barreiros

Resumo

A Big History traça um arco cosmológico desde a Singularidade/Big Bang ao presente. Similarmente, a biologia evolucionária, em sua condição de “toda a biologia”, representa o arco da vida desde suas origens. Existe uma consiliência mecanística entre a mecânica quântica, os Princípios Fundamentais da Fisiologia e a biologia evolucionária, continuamente centrada em nível unicelular. As adaptações fenotípicas em relação a mudanças geofísicas e geoquímicas que culminam na cultura são forjadas ao nível da recapitulação unicelular zigótica. Essa perspectiva oferece uma síntese tanto para o animado quanto para o inanimado, na forma da Big History. A célula como a base mecanística tanto para a evolução quanto para a Big History oferece uma nova síntese entre Humanismo e Ciência.

Palavras-chave

Cosmologia, Singularidade/Big Bang, biologia evolucionária, mecânica quântica, comunicação intercelular.

Correspondence | John S. Torday, jtorday@ucla.edu

Citation | Torday, J. S. (2019) Evolução, o ‘mecanismo’ da Big History: a grande síntese. Tradução de Daniel Barreiros *Journal of Big History*, III(2); pp. 25 - 32.

DOI | <http://dx.doi.org/10.22339/jbh.v3i2.3220>

*I*ntrodução

Uma vez que a evolução é a “história” do Homem (Darwin, 1871), ela deveria estar funcionalmente integrada com a Big History (Christian, 2018). Ainda, a evolução convencional darwiniana não é mecanística (Torday; Rehan, 2012), compreendendo as relações causais que subjazem ao processo. Ao unirmos a Big History com uma biologia evolucionária mecanística “não mecânica” (Nicholson, 2012), o objetivo último da Big History (Spier, 2010) seria concretizado.

O ambiente moldou a vida na Terra desde seu início. A formação espontânea de micelas, ou protocélulas, nos oceanos primordiais pôs o processo em movimento (Deamer, 2017). Subsequentemente, a produção de dióxido de carbono por plantas se acumulou na atmosfera, causando efeito-estufa que secou parcialmente os oceanos (Romer, 1949), forçando determinados peixes ósseos a avançar em direção à terra firme (Daeschler et al., 2006). Em

adaptação ao ambiente terrestre, ocorreram, por meio de autoengenharia, duplicações de genes específicos durante a transição do ambiente aquático para o terrestre (Torday; Rehan, 2017), todas elas decisivas para a sobrevivência (Torday, 2005).

Mais tarde, durante o éon Fanerozoico (Berner, 1999), que compreende as eras Paleozoica, Mesozoica e Cenozoica, tensões atmosféricas do oxigênio variaram entre 15% e 35%. Os aumentos na presença de oxigênio causaram gigantismo (Berner et al., 2000), enquanto as reduções causaram estresse fisiológico decorrente de hipóxia. Supõe-se que o estresse hipóxico tenha dado origem à endotermia / homeotermia ao estimular a produção de catecolamina pelo eixo hipotalâmico-pituitário-adrenal (Torday, 2015). A endotermia / homeotermia, por sua vez, deu origem ao bipedismo, liberando os membros superiores para o exercício de funções especializadas (o voo nos pássaros, a fabricação de ferramentas entre humanos), e a maior grau de consciên-

cia (Torday, 2015). Esta última é crítica para o conceito de Big History porque sem um sentido de *self* (Miller et al., 2018) a Big History seria imaterial.

Desse modo, a integração saltacionista entre a evolução e a mudança ambiental emaranha a biologia com a Big History em termos causais. Essa percepção oferece a oportunidade de perscrutar mais profundamente essa relação do que seria possível através de um estudo superficial desses processos na forma de associações e correlações, permitindo assim insights mais relevantes no campo da Big History.

O papel da evolução na Big History

A vida na terra foi forjada por meio de interações adaptativas entre o animado e o inanimado através da biologia evolucionária (Gould, 2002). A percepção das influências do ambiente sobre a vida começa com o animismo (Bird-David, 1999) e a astrologia (Kassell, 2010), essa última culminando no heliocentrismo, que serviu como catalisador para a Era das Luzes (Debus, 1987). Subsequentemente, insights como o desvio para o vermelho (*redshift*) e a teoria do Big Bang (Hawking, 2011) adicionaram profundidade ao nosso entendimento de nossas origens físicas (Torday; Millar, 2016a).

Darwin sugeriu uma relação entre o ambiente e o processo de especiação em *A Origem das Espécies*, comentando a respeito da topografia da Patagônia em grande detalhe, mas nunca levou a ideia mais adiante na sua teoria da evolução (Darwin, 1859). Por outro lado, Lamarck formalmente reconheceu o papel direto do ambiente na evolução (Gould, 2002), mas não dispunha do conhecimento científico necessário para demonstrar esse princípio. Foi apenas recentemente que a herança epigenética voltou à moda (Nilsson et al., 2018). Ela oferece a oportunidade para reconhecermos a inter-relação entre Big History e a biologia evolucionária.

A Big History traça seu arco desde o Big Bang até o presente, num contínuo. A lógica em favor da Big History está presente em Rodrigue et al., “Our place in History” (2016). O livro é uma introdução à ideia de que a “estória de tudo” pode ser contada, mas para que ela seja compreensível, o físico e o biológico precisam ser unidos na condição de elementos funcionais de uma totalidade (Torday, 2018a);

na escala mais ampla possível, Lovelock (2003) e Smolin (1999) estabeleceram a natureza orgânica da Terra e do Cosmos, respectivamente; na menor escala possível, uma vez que a evolução compreende toda a biologia (Dobzhansky, 1973), ao reduzir o físico à teoria atômica (Pullman, 1998), e o biológico à comunicação intercelular (Torday; Rehan, 2012), encontra-se a consiliência mecanística entre a mecânica quântica, os Princípios Fundamentais da Fisiologia e a biologia evolucionária em nível unicelular (Torday, 2018a). A junção entre física e biologia no interior da célula oferece a oportunidade de considerarmos a congruência entre o inanimado e o animado, remetendo a uma trajetória que começa na Singularidade / Big Bang (S/BB) (Hawking, 2011) baseada em evidência empírica pela primeira vez (Zhang et al., 2017). A integração vertical entre esses princípios tem sido explorada para explicar o mecanismo da evolução fisiológica (Torday; Rehan, 2017), abrindo espaço a uma lógica que permite incorporar a última ao conceito de Big History.

Big History e a consciência

Não haveria história da biologia se não fossemos conscientes de nossa própria existência. Mas o que é consciência? Tem sido debatido há muito se a consciência se trata de algo que está “plenamente em nossas cabeças” (Kraut, 2013) ou se ela se trata do “teatro da mente” (Olcese et al., 2018). Mais recentemente, foi conjecturado que a consciência é a essência de nossa fisiologia, que é formada e composta por mecanismos de sinalização intercelulares (Torday, 2018a). Hameroff e Penrose (2014) oferecem uma explicação fisiológica elegante para a consciência na forma de um relacionamento de neurônios através de microtúbulos. No entanto, todas as células possuem microtúbulos em seus citoesqueletos, abrindo a possibilidade do conceito de consciência como a percepção do corpo inteiro, referida como alostase (McEwen, 1998). Evidência empírica para isso advém da observação de que quando pacientes se recuperam de anestesia geral, passam por etapas filogenéticas da evolução cerebral, do reptiliano ao mamífero (Mashour; Alkire, 2013). Por outro lado, quando células eucariotas são experimentalmente expostas à microgravidade, perdem sua capacidade de trocar sinais com o ambiente (Purevdorj-Gage et al., 2006) ou umas com as outras (Torday, 2003). Essas observações apontam para a natureza fundamental da consciência como a maneira pela qual organismos se

inter-relacionam com o Cosmos, dado que a gravidade foi um produto da Singularidade/Big Bang (S/BB).

A vantagem desse modo de entendimento da consciência reside no fato de que emana da S/BB, integrando o inanimado com o animado num todo funcional (Torday, 2018a). Ao invés do Princípio Antrópico (Barrow; Tipler, 1988), que pensa o humano *no* Cosmos, nós somos *do* Cosmos, literalmente (Schrijver; Schrijver, 2015). O propósito último para considerarmos a evolução e a Big History é, idealmente, elevarmos nossa consciência (Ornstein, 1972). No passado filósofos como os gregos pré-socráticos (Guthrie, 1977), de Chardin (1976), Gurdjieff (1973), Bucke (2009), e cientistas como Alfred North Whitehead (2019), L.L. Whyte (1968) e E.O. Wilson (2014) tentaram fazer justamente isso, mas sem um mecanismo central como o invocado aqui. Consciência cósmica está implícita na Big History, do Big Bang em diante; ela é explícita na evolução celular-molecular emanando da Singularidade (Torday, 2018a) de uma maneira gradual baseada na comunicação intercelular como um contínuo desde a origem da vida (Torday, 2018c).

No começo

A Terra formou-se a cerca de cinco bilhões de anos atrás (Hawking, 2011). E pelo fato de não dispor de uma atmosfera, asteroides congelados atingiam a superfície e derretiam, formando os oceanos. Neles existiam hidrocarbonetos policíclicos (como lipídeos) contidos no gelo, que espontaneamente formaram micelas, ou células prototípicas (Moroi, 1992). A origem lipídica da vida na Terra faz tanto sentido, a priori, porque lipídeos exibem histerese, ou “memória molecular” necessária para o processo de evolução (Waltz et al., 2010), e a posteriori, porque lipídeos podem sintetizar nucleotídeos, mas nucleotídeos não podem sintetizar lipídeos (Mansy; Szostak, 2009). As micelas com membranas semipermeáveis ofereceram um espaço protegido para os Princípios Fundamentais da Fisiologia – negentropia (Schrodinger, 2012), quimiosmose (Mitchell, 1961) e homeostase (Cannon, 1932).

Teoria da endobiose

A teoria da endobiose foi proposta inicialmente por Ivan Wallin (Eliot, 1971), e foi posteriormente popularizada e

expandida por Lynn Margulis Sagan (Sagan, 1967). Afirmaram que células complexas com núcleos, ou eucariontes, são o produto da parceria simbiótica entre bactérias previamente independentes e células maiores. Agora é bem aceita a ideia de que mitocôndrias, que são cruciais para o metabolismo energético celular, foram anteriormente bactérias independentes que se tornaram parte inerente do aparato celular eucariota. A noção central é a de que eucariontes evoluíram através da incorporação de fatores ambientais ao longo de sua história. Visto nesse contexto, a Big History complementa nosso entendimento da evolução fisiológica ao oferecer a sequência de mudanças ocorridas no ambiente, tanto natural quanto antrópico, que afetaram a nossa evolução. É uma vez que a evolução é a história da biologia na forma de pré-adaptações seriais ou exaptações (Gould; Vrba, 1982), tal permite um entendimento mais profundo para o percurso da evolução humana.

Comunicação intercelular como a base para a evolução fisiológica

A coleta de informações do ambiente, casada ao processo de comunicação intercelular constituem, desenvolvimental e homeostaticamente, uma herança epigenética (Torday; Rehan, 2017). Essa relação íntima entre o organismo e seu ambiente forma a base para a evolução; quando há incompatibilidade entre eles, surge estresse fisiológico, ou disomeostase, especificamente em tecidos e órgãos afetados, produzindo espécies radicais de oxigênio (ERO). ERO são conhecidas por causar mutações locus-específicas e duplicações (Storr et al., 2013); a resolução de tais condições por meio da adaptação é aquilo a que nos referimos como evolução. Em vez de remodelar um dado traço fisiológico, esse mecanismo garante que danos sejam reparados com base nos mesmos princípios homeostáticos da comunicação intercelular (Demayo et al., 2002).

Endobiose, leis naturais e consciência

Com base na teoria da endobiose, a célula formula suas próprias “leis” internas baseadas nas Leis da Natureza homeostáticas, apresentadas por Claude Bernard como o *milieu intérieur* (Bernard, 1974). No agregado, homeostases celulares individuais são chamadas de alostases (McEwen, 1998), monitoradas e controladas pelo sistema nervoso periférico e central. Esse processo fisiológico organizado

de autopercepção é aquilo a que nos referimos como consciência.

A célula como a primeira construção de nicho, integra o humano e o ambiente

Construção de nicho é a noção de que organismos alteram ativamente seu ambiente imediato de modo a otimizar sua adaptação (Odling-Smee et al., 2013). E é isso o que a teoria da endobiose é, de modo que internalizar fatores no ambiente que colocam risco à sua existência, começando pelo estado unicelular (Sagan, 1967), pode ser visto como uma construção de nicho interna (Torday, 2016a), ou o que Bernard se referiu como *milieu intérieur* (Bernard, 1974). O conceito de *milieu intérieur* foi posteriormente refinado por Walter B. Cannon como fisiologia (Canon, 1939). Finalmente, a internalização de fatores físicos funcionando sob as Leis da Natureza conferiram essa propriedade à vida orgânica, formando os laços entre a célula e o ambiente como um contínuo, do organismo unicelular a Gaia (Torday, 2018a). Assim sendo, a Big History poderia ser pensada como a descrição desse processo, tendo em vista que a compreensão dos mecanismos que vinculam causalmente o organismo ao seu ambiente vem a agregar profundidade ao processo (Torday; Rehan, 2016); Torday, 2016a). Além do mais, oferece a oportunidade de entender a inter-relação que transcende a mera existência da vida no Cosmos, alcançando os interstícios para ganhar compreensão fundamental dos processos (Torday; Miller, 2018). Tal análise se presta a encontrar um campo comum entre a filosofia oriental e ocidental (Torday and Miller, 2016b), rompendo os silos do conhecimento contemporâneo para maximizar os retornos da Big History

De cima para baixo, de baixo para cima, do meio para fora

Refere-se ao controle biológico como de cima para baixo, de baixo para cima, ou do meio para fora. Controle de cima para baixo se dá em referência à emergência de propriedades fisiológicas (Noble, 2008). De baixo para cima, por outro lado, faz referência à organização de traços fisiológicos a partir de suas partes componentes (Sagan, 1967). E do meio para fora é resultado da comunicação intercelular através de sinalização do receptor do fator de crescimento (Torday, Rehan, 2012).

Herança epigenética combinada e fenótipo como agentes proveem escopo biológico à Big History

Como mencionado acima, a herança epigenética constitui a coleção de marcadores epigenéticos ao longo de um ciclo de vida. Essas chamadas marcas são então integradas ao ADN das células germinativas na forma de adutos (metilação, ubiquitinação, miristoilação, etc.) que modificam a “leitura” do nucleotídeo de acordo com mudanças ambientais. Os adutos no ADN aparecem subsequentemente em tecidos específicos e órgãos, onde modificam a estrutura e função dos organismos na forma de herança epigenética (Nilsson et al., 2018).

A centralidade das células germinativas para a herança epigenética demonstra a primazia dessas células nos processos de adaptação (Torday; Rehan, 2017), em vez de os fenótipos dos adultos, como estabelecido pela evolução darwiniana. Nesse caminho, o fenótipo pode ser visto como um ‘agente’ ativo para a aquisição de marcadores epigenéticos (Today; Miller, 2016c). Sob essa luz, o indivíduo assume um papel ativo na Big History baseado no imperativo biológico de agir como veículo para uma herança epigenética.

O princípio antrópico vs. o provir do Cosmos

O princípio antrópico foi mencionado na Introdução. É a noção de que fortuitamente terminamos nessa posição particular no Cosmos (Barrow; Tipler, 1998). Em contraste com isso, a evolução facilitou nossa adaptação ao nosso ambiente amplamente endogenizando-o, tornando úteis coisas que de outro modo poderiam ter nos destruído bilhões de anos atrás – gravidade, oxigênio, metais pesados, íons, na forma daquilo que conhecemos hoje como nossa fisiologia (Torday; Rehan, 2017). Por exemplo, regredindo os genes que facilitaram a evolução dos pulmões contra épocas principais na geoquímica da Terra (Torday, Rehan, 2011) pode se identificar as relações causais envolvidas. Tal como Jean Guex mostrou a respeito dos amonóides, o estresse ambiental pode romper e reverter o processo evolucionário (Guex, 2016).

Evolução, o mecanismo da Big History

A significância de unir a Big History à biologia evolucionária está em que ambas reconhecem suas origens na Sin-

gularidade/Big Bang. No caso da Big History, essa perspectiva oferece um entendimento profundo de quem e o que estamos conceituando. Por outro lado, entendendo que evoluímos biologicamente como uma “ambiguidade” (Torday; Miller, 2017), nossa função é resolver as dualidades residuais da Singularidade/Big Bang (Torday, 2018a). Sob essa luz, a evolução oferece o contexto orgânico e epistemológico para a Big History.

Conclusões

Como é o caso da história, a evolução “rima” (Pratt, 1974) porque é fundada em pré-adaptações seriais, ou exaptações (Gould; Vrba, 1982). Quando confrontada com um problema existencial, o organismo se reapropria de motivos genéticos que estiveram efetivos em algum ponto anterior de sua evolução, referenciando em última instância aos Princípios Fundamentais da Fisiologia – negentropia (Schrodinger, 2012), quimiosmose (Mitchell, 1962) e homeostase (Cannon, 1939). Esses princípios, por sua vez, remetem à Singularidade/Big Bang como sua origem (Torday, 2018a). Como a Big History, a biologia é também o produto da Singularidade/Big Bang. Ao reconhecer as homologias entre os dois processos podemos melhor entender a condição humana a partir de sua origem, ao invés ponderarmos sobre ela a partir de seus desenvolvimentos posteriores.

Há certos princípios como os presentes no Velho e no Novo Testamentos, na Regra Áurea, na Constituição dos Estados Unidos da América, no Método Científico, na Tabela Periódica, nas Leis da Natureza, que têm nos servido bem. Herdamos certas Leis da Natureza biologicamente que têm nos servido bem ao longo de nossa história evolucionária. Se entendêssemos as absolutas inter-relações entre esses princípios iríamos otimizar a Big History.

O filósofo da Grécia Antiga, Protágoras, pensou que o “Homem é a medida de todas as coisas” (Guthrie, 1977); ele estava certo em espírito, mas nós precisamos saber o que eram as “unidades” de medida para dar suporte a essa ideia cientificamente. Para o cientista, ela é a célula (Torday, 2015). Para o humanista, a célula é a “sintaxe” da Big History. A célula como a base mecanística tanto para a evolução quanto para a Big History oferece uma nova síntese entre Humanismo e Ciência, trazendo uma resolução para o problema das “duas culturas” de C. P. Snow (1959).

Em sua Big History, David Christian se refere a uma explicação com base no efeito Cachinhos-de-Ouro (*Goldilocks effect*) para nossa fortuita existência (Christian, 2018). O que ele descreve é um mecanismo de homeostase, sem o qual nem o inanimado nem o animado podem existir. Morowitz (2004) descreve como elétrons e prótons se equilibram energeticamente num átomo de hidrogênio. E na abordagem celular-molecular à biologia evolucionária, a homeostase e um dos três Princípios Fundamentais da Fisiologia, controlando a inter-relação entre a entropia negativa e a quimiosmose. O Princípio de Exclusão de Pauli e os Princípios Fundamentais da Fisiologia são ambos determinísticos e probabilísticos, oferecendo a oportunidade para estabilidade e plasticidade (Torday, 2018b).

A Singularidade/Big Bang e os Princípios Fundamentais da Fisiologia ambos emanam do mesmo ponto de origem (Torday; Miller, 2016a). O mecanismo da evolução biológica é mais bem compreendido do que aquele da Singularidade/Big Bang, de modo que a homologia entre os dois oferece a oportunidade de considerarmos a natureza fundamental da S/BB. Foi proposto que o nível unicelular é o nível primário do ser (Torday, 2018b), e que a complexidade é um epifenômeno dada a má compreensão daquilo em que a evolução efetivamente se constitui (Torday, 2015b). A Big History da mesma forma se abre à consideração de que o presente é o momento funcional da realidade, facultado pela nossa consciência do passado, presente e futuro como algo uno, simultaneamente (Torday, 2016b). É a isso que Maslow se refere como “máxima experiência” (Maslow, 1968). Esse estado de existência é alcançado por meio da total integração da fisiologia através de hormônios neuroendócrinos como endorfinas e oxitocinas (Fink et al., 2011).

Agradecimentos

J. S. Torday foi financiado pelos National Institutes of Health, grant HL055268.

Referências

- Barrow JD and Tipler FJ (1988) *The Anthropic Cosmological Principle*, Oxford, Oxford University Press.
- Bernard C (1974) *Lectures on the Phenomena of Life Common to Animals and Plants*. Hoff HE, Guillemin R, Guillemin L. Springfield, Charles C Thomas.
- Berner RA (1999) *Atmospheric oxygen over Phanerozoic time*. Proc Natl Acad Sci U S A 96:10955-10957.
- Berner RA, Petsch ST, Lake JA, Beerling DJ, Popp BN, Lane RS, Laws EA, Westley MB, Cassar N, Woodward FI, Quick WP (2000) Isotope fractionation and atmospheric oxygen: implications for phanerozoic O₂ evolution. *Science* 287:1630-1633.
- Bird-David N (1999) Animism Revisited: Personhood, Environment, and Relational Epistemology. *Current Anthropology* 40: S67.
- Bucke RM (2009) *Cosmic Consciousness: A Study in the Evolution of the Human*. Mineola, Dover Publications.
- Cannon WB (1932) *The Wisdom of the Body*. New York, WW Norton.
- Christian D (2018) *Origin Story: A Big History of Everything*. New York, Little, Brown and Company.
- Daeschler EB, Shubin NH, Jenkins FA Jr. (2006) A Devonian tetrapod-like fish and the evolution of the tetrapod body plan. *Nature* 440: 757–763.
- Darwin C (1859) *On the Origin of Species by Means of Natural Selection, or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life*. London, John Murray.
- Darwin C (1871) *The Descent of Man*. London, John Murray.
- de Chardins T (1976) *The Phenomenon of Man*. New York, Harper Perennial.
- Deamer D (2017) The Role of Lipid Membranes in Life's Origin. *Life* (Basel) 7(1).
- Debus AG (1987) *Man and nature in the Renaissance*. Cambridge, Cambridge University Press.
- Demayo F, Minoio P, Plopper CG, Schuger L, Shannon J, Torday JS (2002) Mesenchymal-epithelial interactions in lung development and repair: are modeling and remodeling the same process? *Am J Physiol Lung Cell Mol Physiol* 283:L510-L517.
- Dobzhansky T (1973) *The American Biology Teacher* 35:125-129.
- Eliot TS (1971) Ivan Emanuel Wallin 1883-1969. *The Anatomical Record* 171: 137-139.
- Fink G, Pfaff D.W., Levine J (2011) *Handbook of Neuroendocrinology*. Atlanta, Academic Press.
- Gould SJ (2002) *The Structure of Evolutionary Theory*. Cambridge, Belknap Harvard.
- Gould SJ, Vrba ES (1982) Exaptation — a missing term in the science of form. *Paleobiology* 8: 4–15.
- Guex J (2016) *Retrograde Evolution During Major Extinction Crises*. New York, Springer.
- Gurdjieff G (1973) *Views from the real world*. New York, E. P. Dutton & Co.
- Guthrie WKC (1977) *The Sophists*. Cambridge, Cambridge University Press.
- Hameroff S, Penrose R (2014) Consciousness in the universe: a review of the 'OrchOR' theory. *Phys Life Rev* 11:39-78.
- Hawking S (2011) *A Brief History of Time*. New York, Bantam.
- Kassell L (2010) *Stars, spirits, signs: towards a history of astrology 1100–1800. Studies in History and Philosophy of Science Part C: Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences* 41: 67–69.
- Kraut R (2013) Plato. Stanford, *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*.
- Lovelock J (2003) Gaia: the living Earth. *Nature* 426:769-770.
- Mansy SS, Szostak JW (2009) Reconstructing the emergence of cellular life through the synthesis of model protocells. *Cold Spring Harb Symp Quant Biol* 74:47-54.
- Mashour GA, Alkire MT (2013) Evolution of consciousness: phylogeny, ontogeny, and emergence from general anesthesia. *Proc Natl Acad Sci U S A* 110:10357-10364.
- Maslow A (1968) *Toward a Psychology of Being*. New York, Van Nostrand-Reinhold.

- McEwen BS (1998) Stress, adaptation, and disease. Allostasis and allostatic load. *Ann N Y Acad Sci* 840:33-44.
- Miller WB Jr, Torday JS, Baluška F (2018) Biological evolution as defense of 'self'. *Prog Biophys Mol Biol* Oct 16.
- Mitchell P (1961) Coupling of phosphorylation to electron and hydrogen transfer by a chemi-osmotic type of mechanism. *Nature* 191: 144-148.
- Moroi Y (1992) *Micelles*. New York, Springer.
- Morowitz HJ (2004) *The Emergence of Everything*. Oxford, Oxford University Press.
- Odling-Smee J, Erwin DH, Palkovacs EP, Feldman MW, Laland KN (2013) Niche Construction Theory: A Practical Guide for Ecologists. *The Quarterly Review of Biology* 88: 3-28.
- Nilsson EE, Sadler-Riggleman I, Skinner MK (2018) Environmentally induced epigenetic transgenerational inheritance of disease. *Environ Epigenet* 4:dvy016.
- Noble D (2008) *The Music of Life*. Oxford, Oxford University Books.
- Olcese U, Oude Lohuis MN, Pennartz CMA (2018) Sensory Processing Across Conscious and Nonconscious Brain States: From Single Neurons to Distributed Networks for Inferential Representation. *Front Syst Neurosci* 12:49.
- Ornstein RE (1972) *The psychology of consciousness*. Oxford, Penguin.
- Pratt D (1974) The Functions of Teaching History. *The History Teacher* 7:410-425.
- Pullman B (1998) *The Atom in the History of Human Thought*. Oxford, Oxford University Press.
- Purevdorj-Gage B, Sheehan KB, Hyman LE (2006) Effects of low-shear modeled microgravity on cell function, gene expression, and phenotype in *Saccharomyces cerevisiae*. *Appl Environ Microbiol* 72:4569-4575.
- Rodrigue B, Grinin L, Korotayev A (2016) *Our Place in History*. Delhi, Primus Books.
- Romer AS (1949) *The Vertebrate Story*. Chicago, University of Chicago Press.
- Sagan L (1967) On the origin of mitosing cells. *Journal of Theoretical Biology* 14: 225-274.
- Schrijver K, Schrijver I (2015) *Living with the Stars*. Oxford, Oxford University Press.
- Schrodinger E (2012) *What is Life?* Cambridge, Cambridge University Press.
- Smolin L (1999) *The Life of the Cosmos*. Oxford, Oxford University Press.
- Snow CP (1959) *The Two Cultures*. Cambridge, Cambridge University Press.
- Spier F (2010) *Big History and the Future of Humanity*. London, Wiley-Blackwell.
- Storr SJ, Woolston CM, Zhang Y, Martin SG (2013) Redox environment, free radical, and oxidative DNA damage. *Antioxid Redox Signal* 18:2399-2408.
- Torday JS (2003) Parathyroid hormone-related protein is a gravisensor in lung and bone cell biology. *Adv Space Res* 32:1569-1576.
- Torday JS (2005) A central theory of biology. *Med Hypotheses* 85:49-57.
- Torday JS (2013) Evolutionary biology redux. *Perspect Biol Med* 56:455-84.
- Torday JS (2015) The cell as the mechanistic basis for evolution. *Wiley Interdiscip Rev Syst Biol Med* 7:275-284.
- Torday JS (2016a) The Cell as the First Niche Construction. *Biology* (Basel) 5(2).
- Torday JS (2016b) Life Is Simple-Biologic Complexity Is an Epiphenomenon. *Biology* (Basel) 5(2).
- Torday JS (2018a) The Singularity of nature. *Prog Biophys Mol Biol* Aug 1.
- Torday JS (2018b) Quantum Mechanics predicts evolutionary biology. *Prog Biophys Mol Biol* 135:11-15.
- Torday JS (2018c) From cholesterol to consciousness. *Prog Biophys Mol Biol* ds132:52-56.
- Torday JS, Rehan VK (2011) A cell-molecular approach predicts vertebrate evolution. *Mol Biol Evol* 28:2973-2981.
- Torday JS, Rehan VK (2012) *Evolutionary Biology, Cell-Cell Communication and Complex Disease*. Hoboken, Wiley.
- Torday JS, Rehan VK (2017) *Evolution, the Logic of Biology*. Hoboken, Wiley.
- Torday JS, Miller WB Jr (2016a) The Unicellular State as a Point Source in a Quantum Biological System. *Biology* (Basel) 5(2).

- Torday JS, Miller WB Jr (2016b) Biologic relativity: Who is the observer and what is observed? *Prog Biophys Mol Biol* 121:29-34.
- Torday JS, Miller WB (2016c) Phenotype as Agent for Epigenetic Inheritance. *Biology* (Basel) 5(3).
- Torday JS, Miller WB Jr (2017) The resolution of ambiguity as the basis for life: A cellular bridge between Western reductionism and Eastern holism. *Prog Biophys Mol Biol* 131:288-297.
- Torday JS, Miller WB Jr (2018) The Cosmologic continuum from physics to consciousness. *Prog Biophys Mol Biol* Apr 13.
- Walz M, Wolff M, Voss N, Zabel H, Magerl A (2010) Micellar Crystallization with a Hysteresis in Temperature. *Langmuir* 26:14391–14394.
- Whitehead AN (2010) *Process and Reality*. New York, Simon and Schuster.
- Whyte LL (1968) *Internal Factors in Evolution*. London, Tavistock.
- Wilson EO (2014) *Consilience*. New York, Vintage.
- Zhang J, Hess PW, Kyprianidis A, Becker P, Lee A, Smith J, Pagano G, Potirniche I.-D, Potter AC, Vishwanath A, Yao NY, Monroe C (2017) Observation of a discrete time crystal. *Nature* 543: 217-220.