



Benjamin Oldroyd, Ph.D., D.Sc.

Professor of Behavioural Genetics

Universität Sydney

Born in 1959 in Bristol, United Kingdom

Studied Agricultural Genetics and Genetics at the University of Sydney

© privat

The Consequences of Genomic Imprinting for Reproductive Conflict and Evolutionary Change, Particularly in Social Insects

My project will involve preparing reviews and/or a book on epigenetic inheritance and evolution. Epigenetic inheritance is any transmission to offspring of instructions, not included in the DNA sequence. It is of two broad kinds. First, the semen and eggs of many species are packed with small RNA molecules that can influence gene expression in the early embryo. Second, genomic imprinting is the phenomenon in which some genes are epigenetically marked by parents so that the gene's expression is changed in offspring. Imprints can be removed, typically lasting one generation or at the most a few generations.

Imprinting can enhance the fitness of parents by altering the behaviour or physiology of offspring in ways that benefit a parent. For example, males of some species imprint certain genes so that their offspring extract more resources from their mothers. In mice, over 60 genes are subject to parental imprinting. In my own work on honeybees, I have shown strong parent-of-origin effects for reproductive traits and gene expression. Imprinting can help prepare an offspring for the environment it is likely to encounter in adulthood. For instance, a plant that is subject to water stress might epigenetically prepare its propagules in ways that enhance their ability to survive drought. Invasive species, which are typically genetically bottlenecked, are often able to adapt to their new habitats with surprising rapidity. It may be that organisms can generate new phenotypic diversity by epigenetic changes to genes. If so, then natural selection might act on new phenotypes resulting from the imprints to bring about change at the genomic level.

I have also persuaded the Philosophical Transactions of the Royal Society of London to run a special issue on epigenetic inheritance and evolution, of which I am guest editor. I have engaged 14 authors and two co-editors for this endeavour, and I suspect that this project will take up some time.

Recommended Reading

Smith, N. M. A., B. Yagound, E. J. Remnant, C. S. P. Foster, G. Buchmann, M. H. Alsopp, C. F. Kent, et al. (2020). "Paternally-biased gene expression follows kin-selected predictions in female honey bee embryos." *Molecular Ecology* 29, 8: 1523-1533. DOI: 10.1111/mec.15419.

Oldroyd, B. P., M. H. Alsopp, K. M. Roth, E. J. Remnant, R. A. Drewell, and M. Beekman (2013). "A parent-of-origin effect on honeybee worker ovary size." *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 281: 20132388. DOI: 10.1098/rspb.2013.2388.

Drewell, Robert A., N. Lo, P. R. Oxley, and B. P. Oldroyd (2012). "Kin conflict in insect societies: a new epigenetic perspective." *Trends in Ecology & Evolution* 27, 7: 367-373.

Der erweiterte Genotyp: Epigenetik und Evolution

Ich beginne mit einer Beschreibung dessen, worum es in der Evolution geht - die erstaunliche Tatsache, dass sich das gesamte heutige Leben auf diesem Planeten aus einem einzigen gemeinsamen Vorfahren entwickelt hat, der vor 3,8 Milliarden Jahren gelebt hat. Diese Auffassung erklärt einen Großteil unserer biologischen Welt. Zu den Erkenntnissen, die uns die Evolution gewährt, gehört z. B. eine Erklärung dafür, warum der genetische Code eines Bakteriums derselbe ist wie der eines Elefanten, warum alle Säugetiere vier Gliedmaßen haben und warum die derzeitige Verteilung von Tieren und Pflanzen auf den verschiedenen Kontinenten so beschaffen ist, wie sie ist. Anhand der Evolutionstheorie kann man überprüfbare Vorhersagen machen, daher ist sie eine falsifizierbare Wissenschaft im Popperschen Sinne - vielleicht sogar mehr als einige Aspekte der Physik und Astronomie. So sagt die Evolutionstheorie beispielsweise voraus, dass man die Fossilien eines Kaninchens und eines Dinosauriers nie im selben Gestein finden wird. Geschehe dies, wäre unsere derzeitige Auffassung der Evolution falsifiziert.

Dann rufe ich die Entwicklung der Evolutionstheorie als Disziplin auf. In den 1940er Jahren trat eine neue Betrachtungsweise der Evolution auf den Plan, die Synthetische Evolutionstheorie (modern synthesis), die u. a. von Julian Huxley und Ernst Mayr vorangetrieben wurde. Sie vereinheitlichten das Feld und beseitigten einige alte Streitpunkte, indem sie die Mendelsche Genetik und Darwins Theorie der natürlichen Auslese mit neuen statistischen Ansätzen in der Populationsgenetik kombinierten, die damals gerade von Ronald Fisher und Sewall Wright entwickelt wurden. Die Synthetische Evolutionstheorie lehnte explizit jedwede Rückkopplung ab zwischen dem, was einem Organismus während seiner Lebenszeit widerfährt, und der genetischen Information, die er an seine Nachkommen weitergibt. Daher wies sie die Vererbung von erworbenen Merkmalen zurück. Diese Sicht wurde von Erkenntnissen aus der Molekularbiologie bestärkt, die man in den 1960er Jahren gewann. Francis Crick, der die DNS-Doppelhelix mitentdeckte, formulierte das "Zentrale Dogma" der Molekularbiologie. Seine Hypothese war, dass der Informationsfluss vom Gen zum Protein nur in eine Richtung und ohne Rückkopplung gehen kann. Daher kann es keine Vererbung erworbener Merkmale geben.

Ich lege dar, dass die Synthetische Evolutionstheorie angesichts des neu entstandenen Felds der "Epigenetik" einer Aktualisierung bedarf. Epigenetik beschreibt die Übertragung genetischer Information zwischen Zellen, die nicht in der DNS-Basensequenz codiert ist. Epigenetik ist der Grund, warum Leberzellen eben Leberzellen sind - und wenn sie erst einmal Leberzellen sind, sind alle von ihnen abstammenden Zellen gleichfalls Leberzellen. Jüngst haben wir auch herausgefunden, dass epigenetische Informationen über Generationen hinweg vererbt werden können, und dies hat tiefgreifende Auswirkungen. Insbesondere wissen wir jetzt, dass einige Gene (etwa 100 beim Menschen) einer genetischen "Prägung" unterliegen, sodass ein von einem Vater vererbtes Gen eine andere Prägung hat als das gleiche von einer Mutter vererbte Gen. Das bedeutet, dass die paternale Form anders ausgedrückt werden kann als die maternale Form des gleichen Gens. Meistens regeln diese Gene, wie der Fötus Ressourcen von seiner Mutter entnimmt. Patrigene werden selektiert, um die Ressourcenentnahme zu maximieren, während Matrigene selektiert werden, um die Versorgung mit mütterlichen Ressourcen unter allen Nachkommen in der Lebensspanne einer Mutter gleich zu verteilen.

Viele Staaten sozialer Insekten wie etwa der Honigbienen haben eine Familienstruktur (eine Mutter, die Königin, die sich mit vielen Vätern paart), anhand derer die Evolution der genetischen Prägung klar vorhergesagt werden kann. Ich beschreibe vier meiner eigenen Experimente, bei denen wir gezeigt haben, dass es bei Honigbienen genomische Prägungen wirklich gibt und sich der elterliche Ursprung tatsächlich genetisch auswirkt. Diese Arbeit zeigt, dass sich Prägung nicht nur auf Plazentatiere und Blütenpflanzen beschränkt, sondern auch bei Insekten auftritt. Sie zeigt auch, dass die Synthetische Evolutionstheorie in einem wichtigen Punkt irrte. Erworbene Merkmale können an Nachkommen weitergegeben werden und dies hat weitreichende Auswirkungen auf die Evolution von Elternkonflikten bei verschiedenen Spezies.

Oldroyd, Benjamin ([S.l.],2023)

Beyond DNA : how epigenetics is transforming our understanding of evolution

<https://kxp.k1oplus.de/DB=9.663/PPNSET?PPN=186640542X>

Oldroyd, Benjamin (Cold Spring Harbor,2022)

A long non-coding RNA is a key factor in the evolution of insect eusociality

<https://kxp.k1oplus.de/DB=9.663/PPNSET?PPN=1830558048>

Oldroyd, Benjamin (London,2021)

Adaptive, caste-specific changes to recombination rates in a thelytokous honeybee population

<https://kxp.k1oplus.de/DB=9.663/PPNSET?PPN=1761911430>

Oldroyd, Benjamin (2021)

The role of epigenetics, particularly DNA methylation, in the evolution of caste in insect societies

<https://kxp.k1oplus.de/DB=9.663/PPNSET?PPN=1758077689>

Oldroyd, Benjamin (2021)

Parent-of-origin effects, allele-specific expression, genomic imprinting and paternal manipulation in social insects

<https://kxp.k1oplus.de/DB=9.663/PPNSET?PPN=1758076224>

Oldroyd, Benjamin (Cold Spring Harbor,2021)

DNA methylation is not a driver of gene expression reprogramming in young honey bee workers

<https://kxp.k1oplus.de/DB=9.663/PPNSET?PPN=175225094X>

Oldroyd, Benjamin (Oxford,2020)

Paternally-biased gene expression follows kin-selected predictions in female honey bee embryos

<https://kxp.k1oplus.de/DB=9.663/PPNSET?PPN=1726569039>

Oldroyd, Benjamin (London,2014)

A parent-of-origin effect on honeybee worker ovary size

<https://kxp.k1oplus.de/DB=9.663/PPNSET?PPN=1725233037>

Oldroyd, Benjamin (Amsterdam [u.a.],2012)

Kin conflict in insect societies : a new epigenetic perspective

<https://kxp.k1oplus.de/DB=9.663/PPNSET?PPN=1725230860>

Oldroyd, Benjamin (Amsterdam [u.a.],2010)

Nature versus nurture in social insect caste differentiation

<https://kxp.k1oplus.de/DB=9.663/PPNSET?PPN=104621828X>