

Bio-Puzzle gelöst: Der Embryo baut sich selbst

Am ISTA (Institute of Science and Technology Austria) haben zwei Wissenschaftler einen neuen mathematischen Ansatz entwickelt, der zeigt, wie Zellen kommunizieren, damit ein Embryo entsteht.



Biologische Prozesse ähneln Puzzles, bei denen sich Teile zusammenfügen und interagieren. Unter bestimmten Umständen können sie ohne externen Input etwas Neues schaffen. Dies wird als Selbstorganisation bezeichnet und lässt sich bei Fisch- oder Vogelschwärmen beobachten. Der Säugetierembryo entwickelt sich auf ähnliche Weise.



David Brückner (Foto oben) und Gašper Tkačik (Foto li.) vom Institute of Science and Technology Austria (ISTA) haben einen mathematischen Ansatz entwickelt, der es ihnen ermöglicht, diesen Prozess zu analysieren und seine optimalen Parameter vorherzusagen. Ihre Ergebnisse haben es in die Zeitschrift „PNAS“ der „National Academy Of Sciences“ in den USA geschafft.

Wenn sich ein Embryo entwickelt, entstehen viele verschiedene Zellarten mit unterschiedlichen Funktionen. Einige Zellen werden Teil des Auges und nehmen visuelle Reize auf, andere werden Teil des Darms und helfen bei der Verdauung der Nahrung. Um ihre Aufgaben zu bestimmen, kommunizieren die Zellen kontinuierlich über chemische Signale miteinander.

Diese enge Kommunikation ist enorm wichtig. Durch sie ist alles gut synchronisiert und koordiniert. Man könnte glauben, es gibt eine Zentrale, die diese Vorgänge steuert. Tatsächlich ist die Zellansammlung selbstorganisiert und wird durch die Interaktionen zwischen den einzelnen Elementen orchestriert. Jede Zelle reagiert auf die Signale ihrer Nachbarinnen. Durch diese Selbstorganisation entwickelt sich der Säugetierembryo von einer einzelnen befruchteten Eizelle zu einem vielzelligen Organismus.

In den letzten Jahren haben Wissenschaftler immer mehr über die molekularen Details, die diesen komplexen Prozess der Selbstorganisation steuern, herausgefunden. Einen mathematischen Ansatz, mit dem man dessen Leistung analysieren und quantifizieren kann, gab es aber bis jetzt noch nicht. Die Sprache der Informationstheorie liefert nun Antworten.



© Shutterstock

Maus-Embryo. Durch lokale Interaktionen einzelner Zellen bildet ein Embryo Muster verschiedener Zelltypen und Organe.

In der Natur kommt Selbstorganisation häufig vor. So zum Beispiel in den erwähnten Fisch- und Vogelschwärmen oder Insektenkollektiven, aber auch in mikroskopischen Prozessen, die von Zellen gesteuert werden. NOMIS-Fellow und ISTA Postdoc David Brückner beschäftigt sich damit, diese Vorgänge von einem theoretischen Standpunkt aus zu verstehen.

„Bei vielen Schritten in diesem Entwicklungsprozess hat das System kein externes Signal, das ihm sagt, was es tun soll. Vielmehr gibt es eine intrinsische Komponente, die es dem System ermöglicht, Muster und Strukturen zu erzeugen“, so Brückner.

„Die Informationstheorie ist eine universelle Sprache, um Strukturen und Regelmäßigkeiten in statistischen Ensembles zu quantifizieren – also eine Reihe von Wiederholungen desselben Prozesses. Die Embryonalentwicklung kann als ein solcher Prozess angesehen werden, der reproduzierbar funktionelle Organismen hervorbringt, die sich sehr ähnlich, aber nicht identisch sind“, erklärt Gašper Tkačik, Professor am ISTA und Experte auf diesem Gebiet. Seit langem untersucht Tkačik wie Informationen in biologischen Systemen verarbeitet werden. So auch im Fliegenembryo.

Quelle: ISTA; Der gesamte Artikel ist online unter www.pnas.org/doi/10.1073/pnas.2322326121 nachzulesen.

Bio Puzzle Solved: The Embryo Constructs Itself

Two scientists at ISTA (Institute of Science and Technology Austria) have devised a new mathematical approach demonstrating how cells communicate to form an embryo.

Biological processes resemble puzzles, with parts joining together and interacting. In certain situations, they can create something new without needing outside input. This is known as self-organisation and can be seen in schools of fish or flocks of birds. The mammal embryo develops in a similar way.

David Brückner and Gašper Tkaik, researchers at the Institute of Science and Technology Austria (ISTA), have created a mathematical method to analyse this process and forecast the best parameters for it. Their findings were published in the prestigious journal 'PNAS' by the National Academy of Sciences in the USA.

During embryo development, a multitude of diverse cell types emerge, each serving distinct functions. Certain cells become part of the eye, absorbing visual information, while others join the intestine to aid in food digestion. In order for the cells to figure out their jobs, they communicate with each other using chemical signals.

This intense communication is essential. It helps synchronise and coordinate the processes. It's like there's a central command overseeing these processes. However, cell accumulation happens naturally as cells interact with each other, organising themselves. Each cell responds to signals from its neighbouring cells. Through this process of self-organisation, the mammalian embryo transforms from a single fertilised egg cell into a multicellular organism.

In recent years, scientists have made significant strides in uncovering the intricate molecular mechanisms that govern this complex process of self-organisation. So far, there hasn't been a mathematical method to analyse and quantify its performance. Information theory now helps provide answers.



Self-organisation is common in nature. For instance, we see self-organisation in flocks of fish and birds, as well as in insect groups and even in microscopic cellular processes. NOMIS Fellow and ISTA Postdoc David Brückner researches these processes from a theoretical perspective.

"At various points in this development process, the system operates without external signals guiding its actions. Instead, an inherent element allows the system to generate patterns and structures," says Brückner.

„Information theory serves as a universal language for measuring structures and patterns within statistical ensembles, which consist of repeated instances of the same process. Embryonic development can be viewed as such a process, consistently yielding functional organisms that are highly similar but not identical,“ explains Gašper Tkaik, a professor at ISTA and an expert in this field. Tkaik has been studying how biological systems process information for quite some time, such as in fly embryos.

Source: ISTA

The article is available at www.pnas.org/doi/10.1073/pnas.2322326121.

Headlines

Trial Run for Car Parking Ticket Machines

Two new parking ticket machines will start a trial run at Rathausplatz and Niedermarkt this September. The city is doing this to fulfil a request from local businesses and hopes this will benefit tourists. P. 6

map2web - find your way in Klosterneuburg

The city's website, www.klosterneuburg.at, now features a menu that lists all the significant points of interest, public buildings, and sights. For example, you can click "Stadtgemeinde" in the main menu and explore Klosterneuburg from the comfort of your sofa. P. 7

Kids Swim Free With the Family Ticket

With the Klosterneuburg Family Ticket, kids get free admission to the Strandbad Klosterneuburg Lido when accompanied by a paying adult (see page 12). You can find all the summer activities and Ferienspiel stations listed on pages 14-18 and online at www.klosterneuburg.at/Sport_Freizeit.

Cultural Events Summer 2024

There are still tickets available for the operklosterneuburg. "Norma" and Verdi's opera "Don Carlo" will be performed from 6 July to 4 August (see pages 20-21). The Mythos Film Festival's open-air cinema runs every evening from 24 July to 1 September (see page 24). The Shortynale short film festival kicks off at the Babenbergerhalle on 13 August (see page 25).