The Clean Paper

WHAT THE PAPER SAYS · WHAT IT DOESN'T · WHY IT MATTERS

मक्खी गंध खो सकती है और फिर भी वापस मुड़ सकती है। virtual plume में remembered direction ने मदद की

tethered fruit flies clean air में जाने के बाद भी बार-बार odor boundary पर लौटीं। behavior, modeling और neural perturbations full map की जगह compact direction memory support करते हैं। result controlled virtual-reality assay से है और free natural flight में same strategy अभी नहीं दिखाता।

Written by Matteo · Cross-checked by Vera Rubin · Edited by Michele Renda · Figures by Matteo, Laura Nesso and Nova Vela · AI-assisted, human-reviewed

Paper: *A vector-based strategy for olfactory navigation in Drosophila*, Andrew F. Siliciano, Sun Minni, Chad Morton, Charles K. Dowell, Noelle B. Eghbali, Silas E. Busch, Juliana Y. Rhee, L. F. Abbott and Vanessa Ruta, Nature (2026) · DOI: 10.1038/s41586-026-10827-7

मक्खीगंध खोदेने के बाद भीउसकीओर वापस मुड़ सकतीहै

मक्खीगंध कोपीछे छोड़ चुकीथी।

वह गंध-रहित हवामें चलतीरही— कभीकभीकई दसयोंसेकंड और सैकड़ोंआभासीमिलिमीटर तक। फिर वह उस सीमाकी ओर मुड़ीजिसे पहले पार कर चुकीथीऔर गंध कोदोबारापालिया। उस क्षण गंध स्वयं उसे लौटने कीदिशानहींबतासकतीथी।

यहीफल-मक्खियोंके नेविगेशन पर Nature में प्रकाशित अध्ययन कामुख्य अवलोकन है। शोधकर्ताओं कातर्क है कि मक्खियोंने दिशाकीएक संक्षिप्त स्मृति इस्तेमाल की पूरे गंध-प्लूम कानक्शानहीं, तय कीगई दूरीकीस्मृति नहीं, बल्कि ऐसीसीमाकीयाद रखीहुई दिशाजिसे वे उस समय महसूस नहींकर सकतीथीं।

नतीजाउल्लेखनीय है क्योंकि यह दिखाताहै कि बहुत कम संग्रहीत जानकारीभीपर्याप्त होसकतीहै। लेकिन इसे बढ़ाचढ़ाकर कहनाआसान है। ये मक्खियाँप्राकृतिक वातावरण में स्वतंत्र रूप से नहींउड़ रहीथीं। वे हवापर तैरतीगेंद के ऊपर बँधीहुई थीं और बहुत नियंत्रित आभासीदुनियामें चल रहीथीं। अध्ययन इस उपकरण में वेक्टर-आधारित रणनीति कासमर्थन करता है; यह नहींदिखाताकि मक्खियाँमानसिक नक्शे बनातीहैं, कि इससे जानवरोंके गंध कापीछाकरने के हर तरीके कीव्याख्याहो जातीहै, यास्मृति भौतिक रूप से किन कोशिकाओं में संग्रहित है।

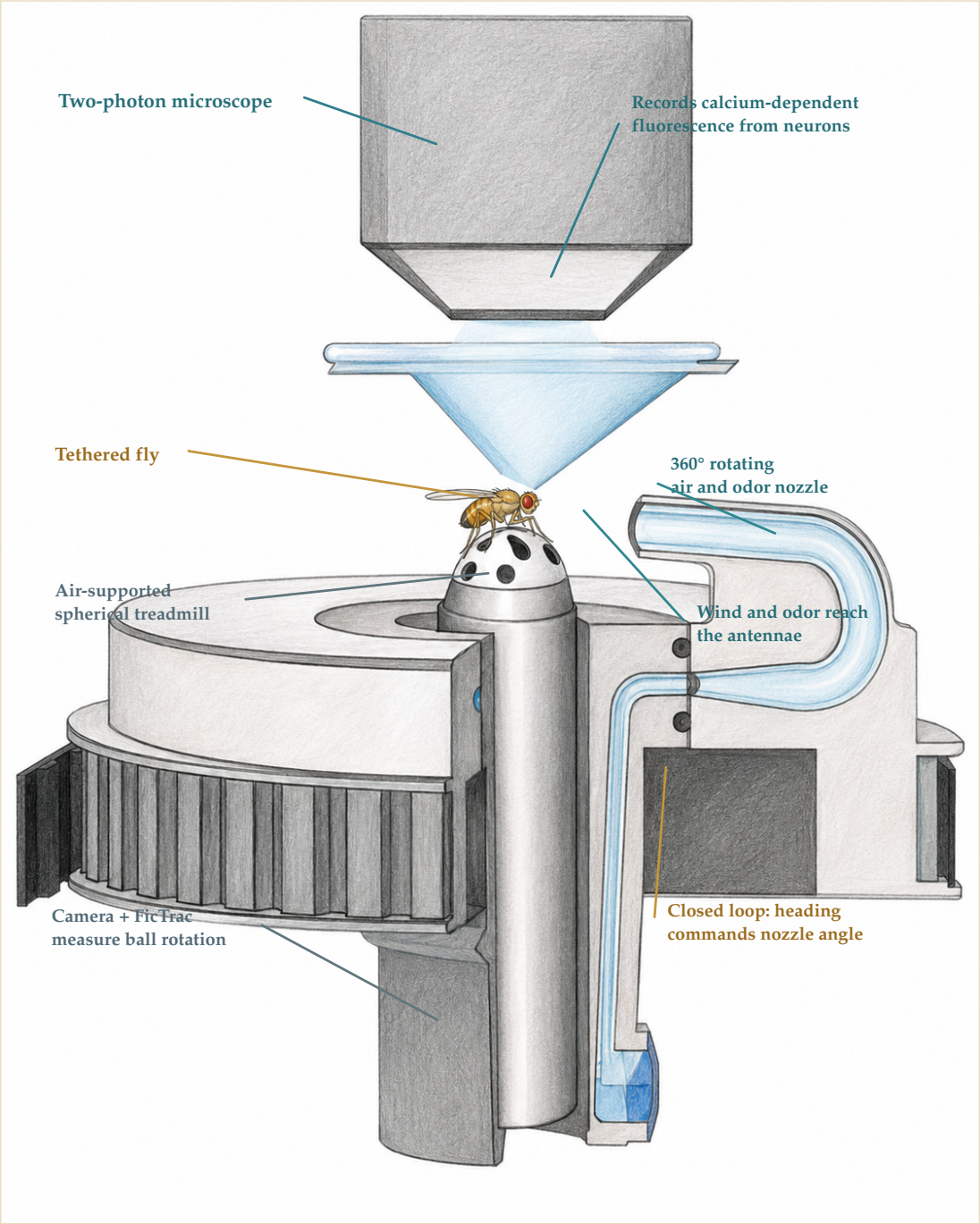
अदृश्य गलियारासॉफ़्टवेयर ने बनायाथा

गंध-प्लूम हवामें बहतागंध काक्षेत्र है। खुले वातावरण में हवाबदलने पर प्लूम मुड़ सकताहै, टूट सकताहै और फिर जुड़ सकताहै। इसलिए यह जानना कठिन होताहै कि किसीजानवर ने हर क्षण ठीक क्यासूँघा।

शोधकर्ताओं ने समस्याको **क्लोज़्ड-लूप आभासीवास्तविकता** से नियंत्रित किया। मक्खीके शरीर कोहल्की हवापर तैरती गेंद के ऊपर एक जगह बाँध दियागया। मक्खीचलतीतोकैमरागेंद काघूर्णन प्रति सेकंड लगभग 60 बार मापता। सॉफ़्टवेयर उस घूर्णन कोआभासीद्वि-आयामीस्थिति और दिशामें बदलता।

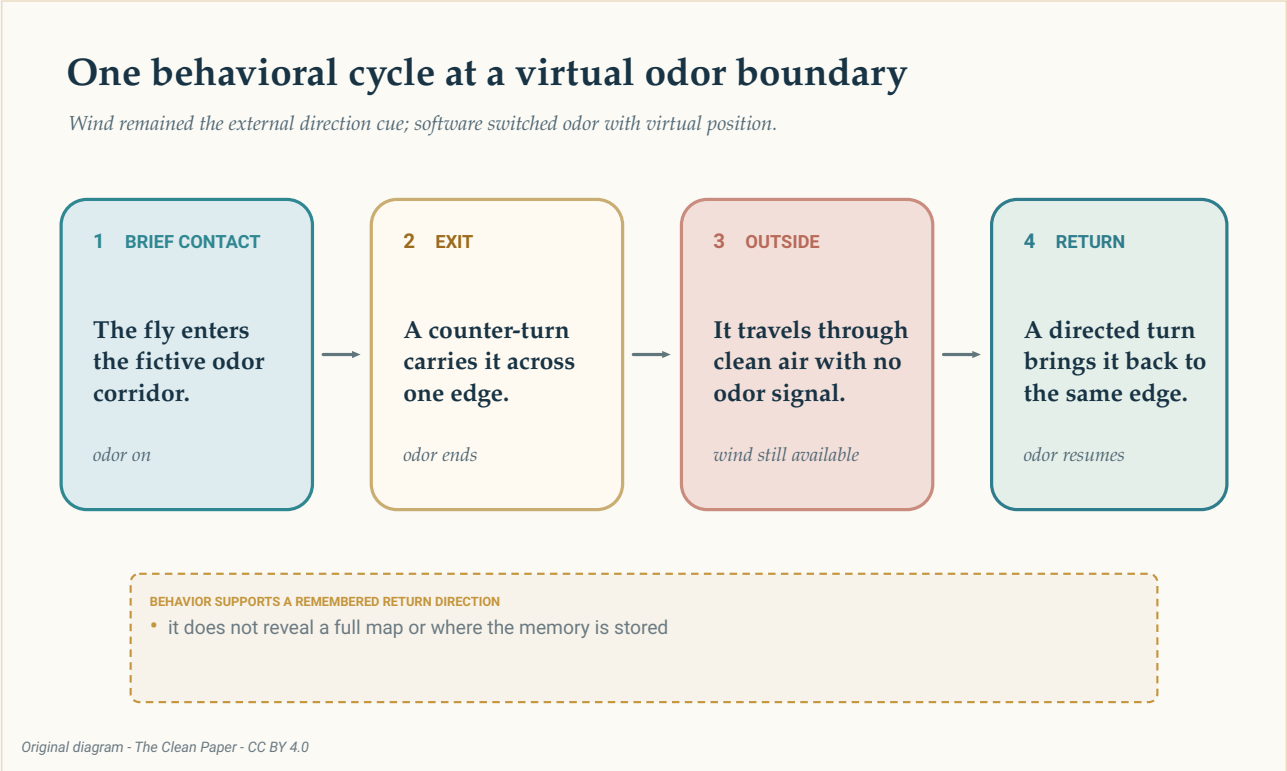
यह दिशामीटर से चलने वालीनोज़ल कोनियंत्रित करतीथी, जो360 डिग्रीघूम सकतीथी। मक्खीकीआभासीदिशाबदलने पर नोज़ल उसके चारोंओर घूमती, ताकि आभासीदुनियामें हवाकीदिशास्थिर महसूस हो। साथ हीद्रव्यमान-प्रवाह नियंत्रक मक्खी कीआभासीस्थिति के अनुसार उसके एंटीनातक स्वच्छ हवायाऐप्पल-साइडर-विनिगर कीगंध कीमात्राबदलते। सॉफ़्टवेयर से तय सीमापार करते हीगंध चालू याबंद होजाती, जिससे 50 मिलिमीटर चौड़ाऔर एक मीटर लंबाकाल्पनिक गलियाराबनता, जबकि असल में मक्खीगेंद से कहींनहींजाती।

उपकरण हर समय-बिंदु पर मक्खीकीआभासीस्थिति, दिशा, गंध कीस्थिति और वायु-प्रवाह नियंत्रण कासमकालिक रिकॉर्ड बनाताथा। शोधकर्ताओं ने उससे पथ दोबाराबनाए, हर प्रवेश और बाहर निकलने के बिंदु कोचिह्नित कियाऔर मापा कि वापसीकितनीसीधीथी। हवाएक बाहरीदिशात्मक संकेत देतीथी, मक्खीकीअपनीगति तय करतीथीकि आभासीगंध-सीमाका सामनाकिस ओर से और कब हुआ।



मक्खीहवापर तैरतीगेंद के ऊपर बँधीहुई रही। कैमराऔर FicTrac ने गेंद के घूर्णन कोआभासीगति और दिशामें बदला; सॉफ़्टवेयर ने फिर हवाऔर गंध देने वालीनोज़ल घुमाई और आभासीस्थिति के अनुसार गंध चालू याबंद की। अलग न्यूरल-इमेजिंग ट्रायल में मक्खी के ऊपर दोफोटॉन microscope ने EPG याFC2 न्यूरॉनोंकीकैल्शियम-निर्भर फ्लोरेसेंस दर्ज की, जिससे न्यूरल गतिविधि को व्यवहार के साथ मिलायाजासका। हर व्यवहारिक ट्रायल में microscope जरूरीनहींथा।

The Clean Paper CC BY 4.0



नियंत्रित परीक्षण में मक्खी थोड़ी देर आभासी गंध-गलियारे में गई, बहर निकली, गंध-रहित हवा में चली और फिर निर्देशित ढंग से वापस लौटी। व्यवहार यह रखी हुई वापसी दिशा का समर्थन करता है; यह नहीं बताता कि वह जानवर कहाँ संग्रहित है।

The Clean Paper CC BY 4.0

मुख्य **ऊर्ध्ववाहर-गलियारा** प्रयोग में 40 **मक्खियाँ** बार-बार गंध में गईं, विपरीत दिशा में मुड़कर बहर निकलीं और उसी किनारे पर लौटीं। "ऊर्ध्ववाहर" शोधपत्र में 0-डिग्री ज्यामितिक नाम है: गलियारे की लंबी धुरी अपवर्ति दिशा के समानांतर थी। इसका अर्थ यह नहीं कि उपकरण खड़ा था।

लेखक इस पैटर्न को **किनारा-रैकिंग** कहते हैं। **Bout** दो बार सीमा पार करने के बीच की लगातार अवधि है: भीतर का bout प्रवेश से बहर निकलने तक, और बहर का bout बहर निकलने से मक्खी के लौटने तक। 755 भीतर के bouts में औसत प्रवास 4.9 सेकंड रहा। वापसी के दौरान सीमा से औसत दूरी 10.4 मिलीमीटर थी। 793 bouts में 4% से कम बार मक्खी गलियारे के विपरीत किनारे तक पूरी तरह पहुँची।

ये आखिरी दो संख्याएँ bouts का वर्णन करती हैं, सैकड़ों स्वतंत्र मक्खियों का नहीं। यह फर्क महत्वपूर्ण है क्योंकि एक ही जानवर कई bouts दे सकता है।

वापसी केवल स्थिर अपवर्ति पर निर्भर नहीं थी

कई प्रयोगों ने सरल व्याख्याओं को परखा।

पहले शोधकर्ताओं ने बदला कि मक्खी अपवर्ति चलते समय गलियारा की लंबाई के साथ क्या अनुभव करती है। गंध आभासी स्रोत की ओर अधिक मजबूत हो सकती थी, स्थिर रह सकती थी या कमजोर हो सकती थी। तीनों स्थितियों में मक्खियों ने मिलते-जुलते रास्ते बनाए। इसलिए "जहाँ गंध अधिक मजबूत होती जाए, उसी तरफ चलते रहो" जैसा सरल नियम इस उपकरण में किनारा-रैकिंग नहीं समझा सकता।

फिर गलियारे की **बगल की ओर** सीमा को Gaussian profile में मुलायम किया गया, जहाँ संहिता अचानक बदलने के बजाय धीरे-धीरे बदलती थी। मक्खियाँ उस किनारे के पास जमा हुईं जहाँ संहिता सबसे तेजी से बदल रही थी, केंद्र पर नहीं जहाँ गंध सबसे मजबूत थी। प्रासंगिक संकेत बगल की ओर होने वाला बदलाव था, जो प्रभावी सीमा को चिह्नित करता था, गलियारे की लंबाई के साथ स्रोत की ओर संहिता बढ़ना जरूरी नहीं था।

इसका अर्थ यह नहीं कि प्रकृति किसी परिस्थितियों में संहिता ढाल कभी माप ने नहीं रखती। इसका मतलब केवल इतना है कि यहाँ परखी गई परिस्थितियों में इस व्यवहार के लिए स्रोत की ओर संहिता बढ़ना जरूरी नहीं था।

शोधकर्ताओं ने गलियारे का अभिविन्यास भी बदला। अलग समूहों ने ऊर्ध्वाधर, 45-डिग्री और 90-डिग्री गलियारों को ट्रैक किया, और एक समूह ने ऐसे गलियारे का सामना किया जो बाहर निकलने के बाद बगल की ओर खिसक जाते थे। समूहों में क्रमशः 40, 21, 20 और 24 मक्खियाँ थीं। ज्यामिति के साथ बाहर के रास्ते बदल गए। “हमेशा अपवर्ड मुड़ो” जैसा सामान्य नियम इस लचीलेपन को नहीं समझाता।

इस व्यवस्था में गंध दोनों एंटीनाओं तक लगभग दो मिलीसेकंड के भीतर पहुँची। द्विपक्षीय ऑप्टोजेनेटिक्स सक्रियण को हवा के साथ जोड़ने से किनारा-ट्रैकिंग जैसा पैटर्न दोबारा बना। Optogenetics प्रकाश-संवेदी प्रोटीनों के जरिए चुनी हुई कोशिकाओं की गतिविधि बदलती है। यहाँ नतीजा सुझाता है कि इस व्यवहार के लिए बाएँ और दाएँ एंटीनाओं गंध पहुँचने के समय का अंतर जरूरी नहीं था। इससे स्वतंत्र रूप से चलने वाले जानवरों या दूसरे प्लूम में द्विपक्षीय तुलना अप्रासंगिक नहीं होती।

वेक्टर नक्शे से छोटा होता है

वेक्टर में दिशा और परिमाण दोनों होते हैं। यहाँ उपयोगी संग्रहीत जानकारी मुख्यतः दिशात्मक थी: प्लूम सीमा तक पहुँचने के लिए मक्खी को किस तरफ मुड़ना चाहिए? अध्ययन को ऐसा साक्ष्य नहीं मिला कि मक्खी प्लूम की पूरी रूपरेखा या उसमें अपनी स्थिति संग्रहित करती थी।

लेखकों ने पहले वास्तविक मक्खियों की गति के घटकों को फेरबदल कर कृत्रिम रास्ते बनाए। देखी गई दौड़ की लंबाइयों और मोड़ के कोणों को यादृच्छिक तरीके से चुनकर जोड़ा गया। कुछ कृत्रिम चलने वाले आखिर कार गंध-सीमा तक पहुँच गए, लेकिन वास्तविक मक्खियों से ज्यादा भटके और कम सीधे रास्ते लिए। मक्खियों की सामान्य अपवर्ड मुड़ने की प्रवृत्ति जोड़ने पर भी छोटी, निर्देशित वापसी दोबारा नहीं बनी। इसलिए वास्तविक व्यवहार में उन्हीं गतियों के यादृच्छिक फेरबदल से अधिक दिशात्मक जानकारी थी।

फिर शोधकर्ताओं ने दो-अवस्था वाला मॉडल बनाया: **सीमा छोड़ना** और **सीमा पर लौटना**। ये अवस्थाएँ हर क्षण भीतर या बाहर होने के लेबल नहीं थीं; वे दो वैकल्पिक दिशा-नियंत्रण नियम थीं, जिनके बीच मक्खी की गति के साथ बदलाव हो सकता था।

हर बार सीमा पार करने पर मॉडल एक दिशा याद रखता था। बाहर निकलते समय वह सीमा छोड़ने में इस्तेमाल दिशा को अद्यतन करता। प्रवेश पर एक अलग वापसी-दिशा अद्यतन होती, मोटे तौर पर, “जब मुझे सीमा मिली, मैं इस दिशा में चल रही थी।” बाद की वापसी में याद रखी हुई दिशा निकली मक्खी को किनारे की ओर मोड़ती।

शोधकर्ताओं ने मॉडल को 0-, 45- और 90-डिग्री गलियारों के रास्तों पर फिट किया। सारांश तुलना में 72 वास्तविक मक्खियों और 75 सिमुलेशन ने मिलते-जुलते रास्ता-संख्या दिए। प्रवेश पर सीखी गई वापसी-दिशा हटाने पर सभी गलियारा अभिविन्यासों में ट्रैकिंग कम कुशल हुई। यह प्रवेश-दिशा स्मृति की उपयोगिता का समर्थन करता है; यह प्रमाण नहीं कि मक्खी का मस्तिष्क सचमुच मॉडल के समीकरण चलाता है।

> **इस शोधपत्र में “स्मृति” का क्या अर्थ है?**

> शोधकर्ताओं ने मक्खी के मस्तिष्क से कोई संग्रहित तीर सीधे नहीं पढ़ा। “दिशात्मक स्मृति” व्यवहार, मॉडल और न्यूरल मापों से निकाला समर्थित निष्कर्ष है। मॉडल कहता है कि कुछ बदलती दिशाएँ महत्वपूर्ण रास्ता-संख्या की देह रास कती हैं। यह साबित नहीं करता कि मक्खी सचमुच इन्हीं समीकरणों को लागू करती है या स्मृति किसी एक नामित न्यूरॉन समूह में संग्रहित है।

विपरीत अभिविन्यास वाले 45-डिग्री खंड का अतिरिक्त अनुभव 10 मक्खियों में बाद का व्यवहार बदलता दिखा, और यही बदलाव 29 मॉडल सिमुलेशन में भी दिखा। इससे दिशात्मक व्याख्या केवल बाद में फिट किए गए वर्णन से अधिक विशिष्ट बनती है, लेकिन इसकी व्याख्या अभी भी मॉडल-आधारित है।

एक हेडिंग संदर्भ और मौजूदा लक्ष्य

अध्ययन ने फिर मक्खी के **केंद्रीय complex**, नेविगेशन में शामिल मस्तिष्क क्षेत्र, की गतिविधि मापी और उसे बाधित किया।

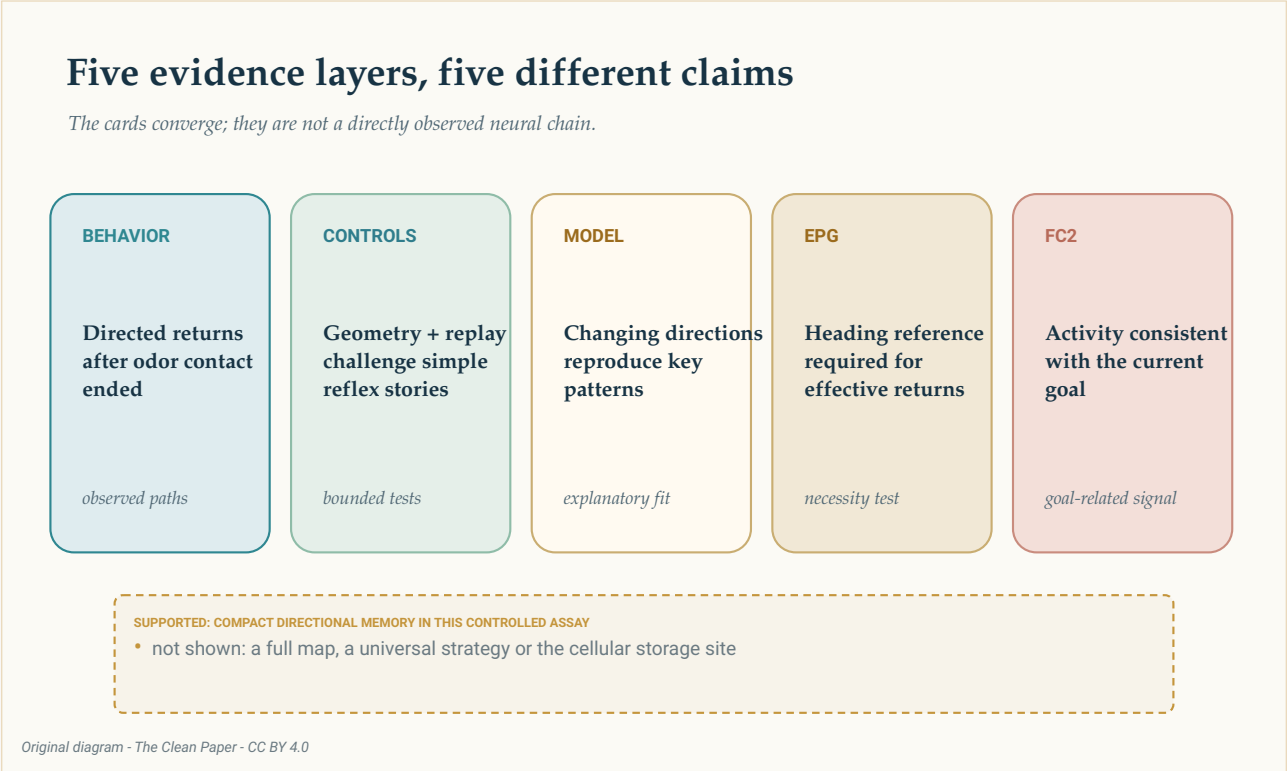
> **अलग काम वाले दो संकेत**
>
> EPG और FC2 केंद्रीय complex की दो न्यूरॉन आबादियों के नाम हैं। EPG गतिविधि कम्पास की रीडिंग जैसी है: हवा के सापेक्ष मक्खी किस दिशा में मुँह किए है, इसे ट्रैक करती है। FC2 गतिविधि उस दिशा से जुड़ी है जिसमें मक्खी चलने की कोशिश कर रही है। आगे के दिशा-नियंत्रण सर्किट मौजूदा दिशा की लक्ष्य से तुलना कर सकते हैं। अध्ययन दोनों आबादियों को परखता है, लेकिन यह नहीं दिखाता कि इनमें से कोई अकेली पूरी स्मृति संग्रहित करती है।

EPG न्यूरॉन दिशा-संकेत ले जाते हैं: उनकी गतिविधि का पैटर्न बाहरी संकेत के सापेक्ष मक्खी के मुँह की दिशा को ट्रैक करता है। कैल्शियम इमेजिंग — न्यूरल गतिविधि का अप्रत्यक्ष प्रकाशीय माप — से शोधकर्ताओं ने पाया कि निगरानी ट्रैकिंग के दौरान EPG गतिविधि हवा के सापेक्ष दिशा का अनुसरण करती थी। विश्लेषण में 9 मक्खियों के 16 ट्रायल थे।

EPG न्यूरॉनों को दबाने के लिए शोधकर्ताओं ने उनमें **GtACR1**, हरी रोशनी से सक्रिय होने वाला anion चैनल, अभिव्यक्त कराया। परीक्षण ट्रायल में LED पूरे समय चालू रही, जिससे चैनल सक्रिय हुआ और चुने हुए न्यूरॉन दब गए; वही रोशनी आनुवंशिक-कंट्रोल मक्खियों के व्यवहार को खराब नहीं करती थी।

इस तरह EPG को दबाने पर 12 प्रयोगात्मक मक्खियों ने 6 आनुवंशिक-कंट्रोल मक्खियों की तुलना में कम प्रभावी निर्देशित वापसी की। सीमित निष्कर्ष यह है कि EPG गतिविधि में मौजूद दिशा-संदर्भ परखी गई परिस्थितियों में प्रभावी निगरानी ट्रैकिंग के लिए जरूरी था। यह साक्ष्य नहीं कि EPG न्यूरॉन अकेले सीमा-दिशा संग्रहित करते हैं।

FC2 न्यूरॉनों का संबंध अलग था। आबादी की गतिविधि मौजूदा नेविगेशन लक्ष्य से जुड़ी थी और परीक्षण में मोड़ से पहले प्लूम सीमा की ओर संकेत करती थी। इमेजिंग में 6 मक्खियाँ थीं और साइलेंसिंग तुलना में विश्लेषण के अनुसार 9 से 14 मक्खियों के समूह थे। साइलेंसिंग ने निगरानी ट्रैकिंग को कमजोर किया।



व्यवहार, बदलीहुई प्लूम-ज्यामिति, फिट किया गया मॉडल और दो न्यूरल हस्तक्षेप दिशात्मक-स्मृति की व्याख्या के अलग हिस्सों का समर्थन करते हैं। मिलकर वे नियंत्रित परीक्षण में संक्षिप्त लक्ष्य-दिशा का समर्थन करते हैं, पूरे नक्शे या सिद्ध कोशिकीय संग्रह-स्थान का नहीं।

The Clean Paper CC BY 4.0

यह कई दिशाओं से मिलता हुआ साक्ष्य है, कारणों की सीधे खींची गई तस्वीर नहीं। EPG गतिविधि ने जरूरी दिशा-संदर्भ दिया। FC2 गतिविधि लक्ष्य-दिशा के अनुरूप थी और प्रभावी व्यवहार के लिए जरूरी थी। प्रयोगों ने किसी एक स्मृति “engram” की जगह नहीं पहचानी और यह साबित नहीं किया कि FC2 सिनिप्स दिशा को भौतिक रूप से संग्रहित करते हैं।

एक मोटी मानवीय तुलना लें: स्थिर हवा के बीच आप किसी संकरी धुंध की पट्टी से बाहर निकलते हैं। कम्पास बता सकता है कि आपका मुँह किस ओर है, लेकिन धुंध तक लौटने के लिए उसके किनारे की याद रखी हुई दिशा भी चाहिए। मौजूदा दिशा को लक्ष्य-दिशा से मिलाने पर पता चलता है कि किस ओर मुड़ना है। EPG और FC2 संकेतों के लिए यहाँ कम्पास का ऐसा बँटवारा सुझाता है। यह केवल समझाने वाली तुलना है, साक्ष्य नहीं कि मनुष्य वही कोशिकाएँ या एल्गोरिदम इस्तेमाल करते हैं।

स्मृति क्रिया पर निर्भर थी, केवल गंध के समय पर नहीं

रीमले प्रयोग में मक्खियों को गंध का वही समय-क्रम दिया गया जो पहले मिला था, लेकिन उसका समय अब उनकी मौजूदा क्रिया से जुड़ा नहीं था। सीखा हुआ दिशात्मक झुकाव रीमले bouts के साथ कमजोर हुआ। यह **ऑपरेंट**, यानी क्रिया से जुड़ा अद्यतन, का समर्थन करता है: केवल निष्क्रिय गंध-क्रम नहीं, बल्कि गंध और मक्खी की गति का संबंध मायने रखता था।

इन विश्लेषणों में नमूना हर तुलना के साथ बदलता है। Extended Data पैनल में तुलना के अनुसार 8 या 9 मक्खियाँ शामिल हैं; लगातार bouts की शृंखला में 8 मक्खियाँ हैं; पथ पैनल को कम-से-कम 10 प्रभावी प्रवेश चाहिए; युग्मित मॉडल पैनल 21 सिमुलेटेड पथ इस्तेमाल करते हैं जो वही प्रवेश सीमा पूरी करते हैं। ये “आठ मक्खियों” का एक ही संयुक्त नमूना नहीं हैं।

अधिक अनियमित प्लूम उपयोगी परीक्षण था, लेकिन फिर भी आभासी

शोधकर्ताओं ने पहले से दर्ज एक अधिक अनियमित प्लूम रीमले किया। बँधी हुई मक्खियाँ उससे पर्याप्त बार मिल सकें, इसलिए उसे स्थान और समय दोनों में पाँच गुना बड़ा किया गया। **12 में से 10 मक्खियाँ** उसके स्रोत से 50 आभासी मिलीमीटर के भीतर पहुँचीं।

यह खुले वातावरण में वास्तविक स्रोत खोजती दस मक्खियाँ नहीं हैं। यह प्राकृतिक-जैसा प्लूम के नियंत्रित रीमले में प्रदर्शन है।

हर गतिशील-प्लूम प्रकार के लिए मॉडल ने 2,000 पथ बनाए। बड़े किए गए प्लूम की तुलना में प्रभावी प्रवेश की शर्त लगाने और स्रोत के बहुत पास शुरू हुए पथ हटाने के बाद उन 2,000 में से 1,850 का विश्लेषण किया गया। स्रोत के पास स्मृति अधिक मददगार थी, जहाँ लगातार मुलाकातों में सुसंगत दिशात्मक संरचना बनी रहती थी; दूर डाउनवींड अधिक अशांत क्षेत्र में कम।

यह सीमा नतीजे का हिस्सा है। संक्षिप्त दिशा भी मदद कर सकती है जब दुनिया इतनी सुसंगत रहे कि पिछली मुलाकात अगली मुलाकात के बारे में उपयोगी जानकारी दे।

अध्ययन क्या नहीं दिखाता

- यह मक्खी को पूरा स्थान कि नक्शा बनाते हुए **नहीं** दिखाता।
- यह बिना बदले प्राकृतिक प्लूम में स्वतंत्र उड़ान **नहीं** दिखाता।
- यह स्थानांतरित **नहीं** करता कि हर गंध-निर्देशित नेविगेशन यही रणनीति इस्तेमाल करता है।
- यह **नहीं** दिखाता कि EPG या FC2 न्यूरॉन स्मृति के एकमात्र भौतिक संग्रह-स्थान हैं।
- यह फिट किए गए मॉडल को मक्खी का शब्दकोश जैविक एल्गोरिदम **नहीं** बनाता।
- यह सीधे मानव नेविगेशन पर लागू **नहीं** किया जा सकता।

अध्ययन सबसे मजबूत वहीं है जहाँ वह सबसे विशिष्ट है। क्लोज़्ड-लूप नियंत्रण ने शोधकर्ताओं को हर गंध-मुलाकात पर बहुत सटीक जानकारी दी। ज्यामिति में बदलाव, रीमले, मॉडलिंग, कैल्शियम इमेजिंग और साइलेंसिंग ने फिर एक व्याख्या के अलग हिस्सों को परखा। लेकिन व्यवहार, इमेजिंग और साइलेंसिंग के समूह अलग थे; नमूना आकार पहले से तय नहीं थे; डेटा संग्रह और विश्लेषण यादृच्छिक या ब्लाइंड नहीं थे; और 10% से कम बँधी हुई मक्खियों को अनुकूलन, प्रतिक्रिया या ट्रैकिंग समस्याओं के कारण बाहर रखा गया।

ये सीमाएँ phenomenon को मिटाती नहीं हैं। वे उसकी सीमा तय करती हैं।

साफ़ सारांश

आभासी गंध-गलियारे में चलती बँधी हुई फल-मक्खियाँ गंध छोड़ने के बाद भी बार-बार सीमा पर लौटीं। संकीर्णता और गलियारे की ज्यामिति में बदलाव, फिट किया गया switching मॉडल, न्यूरल इमेजिंग और ऑप्टोजेनेटिक साइलेंसिंग उस व्याख्या का समर्थन करते हैं जिसमें मक्खी पूरे नक्शे की जगह संक्षिप्त, याद रखी हुई दिशा इस्तेमाल करती है। EPG न्यूरॉन जरूरी दिशा-संदर्भ देते थे, जबकि FC2 गतिविधि मौजूदा लक्ष्य-दिशा के अनुरूप थी। नतीजा नियंत्रित चलने वाले परीक्षण तक

सीमित है; यह स्मृति के कोशकीय संग्रह-स्थान की पहचान नहीं करता और प्राकृतिक स्वतंत्र उड़ान में यही गणना होने को नहीं दिखाता।

बिना बढ़ा-चढ़ाकर जाँच

शोधपत्र क्या दिखाता है: क्लोज़्ड-लूप बँधे हुए परीक्षण में मक्खियाँ उन आभासी गंध-सीमाओं पर निर्देशित वापसी करती हैं जिन्हें वे उस क्षण सूँघ नहीं सकती थीं। कई व्यवहारिक नियंत्रण, मॉडलिंग और न्यूरल हस्तक्षेप वेक्टर-आधारित रणनीति का समर्थन करते हैं।

क्या निष्कर्ष निकाला गया है: व्यवहार संक्षिप्त दिशात्मक स्मृति इस्तेमाल करता है, और FC2 आबादी की गतिविधि मौजूदा नेविगेशन लक्ष्य का प्रतिनिधित्व करती है। स्मृति की समग्री को सीधे नहीं पढ़ा गया।

यह क्या नहीं दिखाता: पूरा मानसिक नक्शा; सार्वभौमिक घ्राण रणनीति; प्राकृतिक प्लूम में स्वतंत्र उड़ान का प्रदर्शन; स्मृति का कोई एकमात्र संग्रह-स्थान; या मानव में इसका कोई सीधा समकक्ष।

मुख्य सीमाएँ: एक प्रजाति और नियंत्रित उपकरण; प्रयोगों के बीच अलग मक्खी समूह और विश्लेषण इकाइयाँ; अप्रत्यक्ष कैल्शियम संकेत; ऐसे आवश्यकता-परीक्षण जो पर्याप्त तात्पर्य नहीं करते; और प्राकृतिक-जैसा प्लूम जिसे रीप्ले करके बढ़ाया गया था।

सामान्य पाठक को कितना भरोसा रखना चाहिए? इस उपकरण में निर्देशित-वापसी की घटना वास्तविक है और दिशात्मक लक्ष्य से जुड़ी केंद्रीय-complex गतिविधि मायने रखती है, इसमें उच्च भरोसा। संक्षिप्त व्याख्या के रूप में मॉडल में मध्यम भरोसा। इसे बिना बदलाव खुले प्राकृतिक वातावरण तक फैलाने या पूरा नक्शा कहने में कम भरोसा।

स्रोत

Siliciano et al., A vector-based strategy for olfactory navigation in Drosophila, Nature (2026)
https://doi.org/10.1038/s41586-026-10827-7

Siliciano et al., data archive for A vector-based strategy for olfactory navigation in Drosophila
https://doi.org/10.5281/zenodo.20751812

Ruta Laboratory, Edge-Tracking-Model
https://github.com/rutalaboratory/Edge-Tracking-Model