بوها و طعم‌ها

«فکر نمی‌کنم او پیش‌تر در اینجا بوده باشد.» الکساندرا هورورویتز افزود: «وگرنه باید اینجا بوی شدیدی می‌داشت.»

منظور الکساندرا از «او»، فینگان است—لابرادور سیاه‌رنگی که نژادش مختلط است و او را «فین» هم صدا می‌زنند. منظورش از «اینجا»، اتاق کوچک و بی‌پنجره‌ای در نیویورک است که در آن آزمایش‌های روان‌شناختی روی سگ‌ها انجام می‌دهد. و منظورش از «بوی شدید»، این است که اتاق باید آکنده از رایحه‌های ناشناخته

باشد و در نتیجه برای بینی کنجکاو فین جذاب جلوه کند. و همین‌طور هم هست. هنگامی که من اطراف اطاق را نگاه می‌کنم، فین همه جاها را بو می‌کشد. او با بینی خود به کاوش می‌پردازد و با دقت کف‌پوش‌های فومی روی زمین، صفحه‌کلید و ماوس روی میز، پرده‌ی آویخته در گوشه اطاق، و فضای زیر صندلی مرا می‌بوید. در مقایسه با انسان‌ها، که می‌توانند صحنه‌های تازه را تنها با حرکت ظریف سر و چشم‌هایشان بررسی کنند، کاوش‌های بویایی سگ چنان پرپیچ‌وخم است که به‌سادگی می‌توان آن را بی‌هدف و تصادفی پنداشت. اما هورورویتز نگاه دیگری دارد. او می‌گوید فین به اشیایی علاقه‌مند است که انسان‌ها لمس کرده یا با آن‌ها کارکرده‌اند. او ردها را دنبال می‌کند و جاهایی را بررسی می‌کند که سگ‌های دیگر در آن بوده‌اند. او دریچه‌ها، شکاف‌های در و دیگر مکان‌هایی را می‌کاود که جریان هوا رایحه‌های تازه—مولکول‌های معطر—را وارد می‌کند.[۱] فین بخش‌های مختلف یک شیء را می‌بوید و حتی از فاصله‌های گوناگون آن را بررسی می‌کند، «انگار دارد به سراغ یک نقاشی ون‌گوگ می‌رود تا ضربه‌های قلم‌مو را از نزدیک ببیند»، هورورویتز می‌گوید. «آن‌ها همیشه در چنین وضعیتِ کاوشگرانه‌ی بوها به سر می‌برند.»

هورورویتز متخصص بویایی سگ‌هاست، و من به‌اینجا آمده‌ام تا با او درباره‌ی همه‌ی چیزهای مربوط به بو و بینی گفت‌وگو کنم. با این حال، من چنان بیش از حد وابسته به دیدن هستم که وقتی فین بو کشیدن اطراف را تمام می‌کند

و به سمت من می‌آید، بی‌درنگ جذب چشمانش می‌شوم؛ چشمانی افسونگر و قهوه‌ای، به رنگ تیره‌ترین شکلات. [۲] نیاز به تلاشِ آگاهانه است تا دوباره بر آنچه درست پیش روی چشمانش قرار دارد تمرکز کنم؛ منظورم بینی اوست. بینی‌ای برجسته و مرطوب، با دو سوراخ خمیده به شکل نشانه‌ی آپوستروف در دو سویش. این همان ابزار رابطه‌ی اصلی فین با جهان است. و طرز کارش چنین است.

نفس عمیقی بکش، هم به‌عنوان یک نمایش و هم برای آماده شدن برای آشنائی با چند اصطلاح ضروری. وقتی نفس می‌کشی، یک جریان هوای یگانه ایجاد می‌کنی که دو کار انجام می‌دهد، هم امکان بوئیدن فراهم میکند، هم امکان نفس کشیدن را. اما وقتی سگ بو می‌کشد، ساختارهای درون بینی‌اش این جریان هوا را به دو شاخه تقسیم می‌کنند. بیشتر هوا به سوی ریه‌ها می‌رود، اما شاخه‌ی کوچک‌تر، که تنها برای بوییدن است، به پشت پوزه رانده می‌شود. آن‌جا وارد هزارتویی از دیواره‌های استخوانی نازک می‌شود که با لایه‌ای چسبناک به نام «اپی‌تلیوم بویایی» پوشیده شده است. این همان جایی است که بوها نخستین بار مورد شناسایی قرار می‌گیرند. این اپی‌تلیوم پر از نورون‌های دراز است. یک سر هر نورون در معرض جریان هوای ورودی قرار دارد و با استفاده از پروتئین‌های ویژه‌ای به‌نام «گیرنده‌های بو» مولکول‌های معطر عبوری را شکار می‌کند. سر دیگر نورون مستقیماً به بخشی از مغز به نام «پیاز بویایی» متصل است. هنگامی

که گیرنده‌های بو در گرفتن هدف‌های خود موفق می‌شوند، خبر را به نورون‌ها مغز می‌رسانند، و سگ بو را درک می‌کند. حالا می‌توانی نفس را بیرون بدهی.

دستگاه‌های پایه‌ای سگ و انسان یکسان است، لیکن در سگ همه اجزاء آن زیادتر است.: اپی‌تلیوم بویایی گسترده‌تر، ده‌ها برابر نورون بیشتر در آن اپی‌تلیوم، تقریباً دو برابر انواع مختلف گیرنده‌های بویایی، و پیاز بویایی نسبتاً بزرگ‌تر. [۳] و سخت‌افزار آن‌ها در یک بخش مجزا جای گرفته است، در حالی که سخت‌افزار ما در معرض جریان اصلی هوای ورودی از بینی قرار دارد. این تفاوت بسیار مهم است. به این معنا که هر بار که ما بازدم می‌کنیم، مولکول‌های بو را از بینی خود پاک می‌کنیم و تجربه‌ی بویایی قطع و وصل دارد و حالت ناپایدار پیدا می‌کند. در مقابل، سگ‌ها تجربه‌ای پایدارتری دارند، زیرا مولکول‌های بو که وارد بینی آن‌ها می‌شوند با احتمال بیشتری در همان‌جا باقی می‌مانند و تنها با هر بار نفس کشیدن بر مقدارش افزوده می‌شود.

شکل سوراخ‌های بینی سگ‌ها این اثر را تقویت می‌کند. اگر سگی در حال بو کشیدن تکه‌ای از زمین باشد، ممکن است تصور کنید که هر بازدم او، مولکول‌های بو را از سطح زمین دور می‌کند. اما چنین نیست. دفعه‌ی بعد که به بینی یک سگ نگاه می‌کنید، خوب توجه کنید که سوراخ‌های رو به جلو به شکاف‌هایی در کناره‌ها ختم می‌شوند. هنگامی که حیوان در حال بو کشیدن، بازدم می‌کند، هوا از طریق آن شکاف‌ها خارج می‌شود و گردبادی چرخان ایجاد

می‌کند که بوهای تازه را به داخل بینی سگ می‌راند. حتی هنگام بازدم، سگ همچنان در حال مکیدن هوا به داخل است. در یک آزمایش، یک سگ شکاری انگلیسی توانست جریان هوای ورودی پیوسته‌ای به مدت ٤٠ ثانیه ایجاد کند، با وجود اینکه در آن مدت ۳۰ بار بازدم کرده بود.(جالب آن‌که اسم این سگ را گذاشته‌اند سرِ ساتان= عالیجناب شیطان).

با چنین سخت‌افزاری، جای تعجب نیست که بینی سگ‌ها فوق‌العاده حساس باشد. اما چقدر حساس؟ دانشمندان تلاش کرده‌اند آستانه‌ای را بیابند که در آن سگ‌ها دیگر قادر به درک بوی برخی مواد شیمیایی نباشند، اما نتایج آن‌ها بسیار متفاوت بوده و گاهی تا ۱۰هزار برابر از یک آزمایش تا آزمایش دیگر فرق داشته است. [٤] به جای تمرکز بر این آمار مشکوک، بهتر است به کارهایی نگاه کنیم که سگ‌ها واقعاً قادر به انجام‌شان هستند. در آزمایش‌های گذشته، آن‌ها توانسته‌اند دوقلوهای یکسان را تنها با بو از هم تشخیص دهند. آن‌ها قادر بودند یک اثر انگشت را که روی لام میکروسکوپ گذاشته شده و سپس یک هفته روی پشت‌بام در معرض عوامل محیطی قرار گرفته بود، شناسایی کنند. آن‌ها می‌توانستند تنها با بو کشیدن پنج ردپا، جهت حرکت یک فرد را تشخیص دهند. سگ‌ها آموزش دیده‌اند تا بمب‌ها، مواد مخدر، مین‌های زمینی، افراد گمشده، اجساد، پول‌های قاچاق، قارچ‌های ترافل، علف‌های هرز مهاجم، بیماری‌های

کشاورزی، اُفت قند خون، ساس‌ها، نشتی خطوط لوله نفت و حتی تومورها را شناسایی کنند.

میگالو می‌تواند استخوان‌های مدفون در محوطه‌های باستان‌شناسی را پیدا کند. پِیر آلودگی نفتی باقی‌مانده روی سواحل را به شما نشان میدهد. کاپیتان ران لانه‌های لاک‌پشت‌ها را شناسایی می‌کند تا تخم‌ها جمع‌آوری و محافظت شوند. بِر قادر است وسایل الکترونیکی پنهان را پیدا کند، در حالی که اِلویس در شناسایی خرس‌های قطبی باردار تخصص دارد. ترین، که به دلیل بیش‌فعالی از مدرسه‌ی آموزش تشخیص مواد مخدر اخراج شد، اکنون از بینی خود برای ردیابی مدفوع جگوارها و شیرهای کوهستانی استفاده می‌کند. تاکر زمانی در جلوی قایق‌ها آویزان می‌شد و برای یافتن مدفوع نهنگ‌های اُرکا بو می‌کشید؛ او اکنون بازنشسته شده و وظایفش به اِبا سپرده شده است. اگر چیزی بویی داشته باشد، می‌توان سگ را برای شناسایی آن آموزش داد. ما دنیای حسی آن‌ها (Umwelten آن‌ها) را در خدمت نیازهای خود جهت می‌دهیم تا کمبودهای بویایی خود را جبران کنیم. این توانایی‌های شگفت‌انگیز واقعاً آدم را به حیرت می‌اندازند، اما در عین حال بیشتر شبیه یک نمایش سرگرم‌کننده‌اند. آن‌ها به ما امکان می‌دهند به‌طور انتزاعی درک کنیم که سگ‌ها حس بویائی فوق‌العاده‌ای دارند، بی‌آنکه واقعاً بفهمیم این موضوع برای زندگی درونی آن‌ها چه معنایی دارد یا چگونه جهان بویایی‌شان با جهان دیداری شان فرق می‌کند.

برخلاف نور که همیشه در خطی مستقیم سیر می‌کند، بوها پخش می‌شوند و به همه جا رخنه می‌کنند، به این‌جا و آن‌جا هجوم می‌برند، و چرخ می‌زنند. وقتی هورووویتز فین را در حال بو کشیدنِ فضایی تازه مشاهده می‌کند، می‌کوشد مرزهای روشن و مشخصی را که در جلوی چشمانش وجود دارد، نادیده بگیرد، «در عوض محیطی سیال را تصور کند، جایی که هیچ چیز مرزی سخت و قطعی ندارد.» این گفته هورووویتز است. «نقاط تمرکز وجود دارند، اما همه‌چیز انگار در هم آمیخته می‌شود.» بوها از تاریکی‌ها می‌گذرند، از گوشه و کنارها می‌گذرند و در شرایطی جریان می‌یابند که بینایی را به چالش می‌کشند. هورووویتز نمی‌تواند داخل کیف آویخته بر پشت صندلی مرا ببیند، اما فین می‌تواند به درون آن بو بکشد و مولکول‌هایی را که از ساندویچ داخلش بیرون می‌زنند دریافت کند. بوها به شکلی باقی می‌مانند که نور چنین نمی‌کند و بوها تاریخ را آشکار می‌سازند. [۵] ساکنان پیشین اتاق هورووویتز هیچ رد دیداری حتی شبح‌گونه‌ای هم باقی نگذاشته‌اند، اما اثر شیمیایی‌شان آنجا هست، فین آن را تشخیص می‌دهد. بوها می‌توانند پیش از منبع‌شان برسند و از آینده خبر دهند. رایحه‌ی باران دوردست می‌تواند مردم را از نزدیک شدن طوفان آگاه کند؛ مولکول‌های بویی که از انسان‌های در حال ورود به خانه آزاد می‌شوند می‌توانند سگ‌هایشان را به سمت در بدوانند. این توانایی‌ها گاهی فرابشری معرفی می‌شوند، اما در واقع صرفاً حسی‌اند. فقط مسئله این است که بسیاری چیزها ابتدا برای بینی آشکار می‌شوند،

پیش از آنکه برای چشم‌ها نمایان شوند. وقتی فین بو می‌کشد، تنها حال را نمی‌سنجد، بلکه گذشته را می‌خواند و آینده را پیش‌بینی می‌کند. و او در حال خواندن زندگی‌نامه‌هاست. حیوانات کیسه‌هایی پر از مواد شیمیایی هستند که در هوا ابرهای بزرگی از مولکول‌های بو آزاد می‌کنند. [٦] در حالی که برخی گونه‌ها عمداً با آزاد کردن بو پیام خود را می‌فرستند، اما همه‌ی ما ناخواسته چنین می‌کنیم و حضور، موقعیت، هویت، وضعیت سلامتی و حتی وعده‌های غذایی اخیرمان را به موجوداتی با بینی‌های توانمند آشکار می‌سازیم. [٧]

کلاً هیچ‌وقت خیلی به بینی فکر نکرده بودم»، هورووِیتز می‌گوید. «اصلاً به ذهنم نرسیده بود.» [٨] وقتی مطالعه‌ی سگ‌ها را آغاز کرد، تمرکز او بر موضوعاتی مثل نگرش آن‌ها نسبت به بی‌عدالتی بود ــــ موضوعی که برای روان‌شناسان جالب است. اما پس از خواندن آثار اوکسکول و اندیشیدن به مفهوم *اومولت*، توجهش را به بویایی معطوف کرد ــــ همان موضوعی که برای سگ‌ها جذاب است.

او اشاره می‌کند، برای مثال، بسیاری از صاحبان سگ حیواناتشان را از لذت بو کشیدن محروم می‌کنند. برای یک سگ، یک پیاده‌روی ساده سفری طولانی در جهان بویایی است. اما اگر صاحب سگ این را درک نکند و پیاده‌روی را صرفاً وسیله‌ای برای ورزش یا رسیدن به مقصد ببیند، هر عمل بو کشیدن به مزاحمت تبدیل می‌شود. وقتی سگ مکث می‌کند تا ردی نامرئی را بررسی کند،

صاحبش او را سریع به جلو می‌کشد. وقتی سگ به مدفوع، لاشه یا چیزی که برای حواس صاحبش ناخوشایند است بو می‌کشد، فورا دورش می‌کنند. وقتی بینی‌اش را در ناحیه تناسلی سگ دیگری فرو می‌برد، بی‌ادب تلقی می‌شود: سگ بد! به‌هرحال، دست‌کم در فرهنگ‌های غربی، انسان‌ها یکدیگر را بو نمی‌کنند. هورورویتز می‌گوید: «می‌توانی کسی را در آغوش بگیری، اما اگر واقعاً او را بو بکشی، خیلی عجیب خواهد بود. می‌توانم بگویم موهایت بوی خوبی می‌دهد، اما نمی‌توانم بگویم خودت بوی خوبی می‌دهی، مگر اینکه رابطه‌ی صمیمانه‌ای داشته باشیم.» بارها و بارها، انسان‌ها ارزش‌ها و *اومولت* خود را بر سگ‌هایشان تحمیل می‌کنند، آن‌ها را وادار می‌سازند به‌جای بو کشیدن نگاه کنند، جهان بویایی‌شان را کمرنگ و بخش اساسی از سگ‌بودنشان را سرکوب می‌کنند. این موضوع برای هورورویتز هیچ‌گاه روشن‌تر از زمانی نبود که فین را به کلاس اموزش بویابی برد.

عجیب آن‌که این کلاس‌ها را، کلاس ورزش معرفی می کنند، در حالی‌که در واقع در این کلاس‌ها فقط به سگ‌ها آموزش می‌دهند تا بوهای پنهان را، در شرایطی هرچه دشوارتر، پیدا کنند. این کار باید برایشان طبیعی باشد، اما برای بسیاری از سگ‌های کلاس فین چنین نبود. چند سگ به‌نظر می‌رسید فاقد ابتکار عمل هستند: صاحبانشان باید آن‌ها را از جعبه‌ای به جعبه‌ی دیگر می‌کشیدند یا کاملاً نمی‌دانستند چه باید بکنند. برخی دیگر در حضور سگ‌های دیگر مضطرب

می‌شدند و به آن‌ها پارس می‌کردند. اما پس از یک تابستان بو کشیدن، این رفتارهای عجیب کاهش یافت. سگ‌های کم‌رو دوباره اراده‌ی خود را بازیافتند. سگ‌های واکنشی، بردبار شدند. همه آرام‌تر به‌نظر می‌رسیدند. هورووِیتز که شیفته‌ی این تغییرات شده بود، همراه با همکارش شارلوت دورانتون آزمایشی با ۲۰ سگ انجام داد. دورانتون در برابر هر حیوان، کاسه‌ای را در یکی از سه مکان قرار داد: یکی همیشه پر از غذا، دیگری همیشه خالی، و سومی با نتیجه‌ای نامعلوم. سگ‌ها خیلی زود یاد گرفتند به سمت کاسه‌ی پر از غذا بروند و کاسه‌ی خالی را نادیده بگیرند. اما کاسه‌ی نامعلوم چه؟ تمایل سگ به نزدیک شدن به آن کاسه چیزی است که یک روان‌شناس شناختی آن را «سوگیری مثبت در قضاوت» می‌نامد و دیگران همان را «خوش‌بینی» می‌خوانند. هورووِیتز دریافت که سگ‌ها تنها پس از دو هفته آموزش بویابی خوش‌بین‌تر می‌شوند. هرچه حس بویایی‌شان روشن‌تر شد، نگرششان نیز روشن‌تر شد.(در مقابل، سگ‌ها پس از دو هفته آموزش حرکت در کنار پای صاحب، که فعالیتی است اطاعت‌محور به رهبری صاحب که نه بویایی در آن دخیل است و نه اختیار، هیچ تغییری نشان ندادند).

برای هورووِیتز، پیام روشن است: بگذارید سگ‌ها همان سگ باشند. درک کنید که *اومولت* آن‌ها متفاوت است و به این تفاوت تکیه کنید. او این کار را با بردن فین به پیاده‌روی‌های ویژه‌ی بویایی انجام می‌دهد؛ جایی که اجازه دارد تا

اعماق پیاز بویائی‌اش بو بکشد. اگر فین می‌ایستد، او هم می‌ایستد. بینیِ فین سرعت را تعیین می‌کند. این پیاده‌روی‌ها آهسته‌ترند، اما او مقصدی در ذهن ندارد. ما با هم به چنین پیاده‌روی‌ای می‌رویم، چند بلوک غرب دفترش و به پارک ریورساید منهتن. روزی گرم از تابستان است و هوا آکنده از بوی زباله، ادرار و دود اگزوز ـــ و این فقط چیزهایی است که من می‌توانم حس کنم. فین بیشتر از این‌ها را تشخیص می‌دهد. بینی‌اش را روی ترک‌های پیاده‌رو می‌کشد. یک تابلو راهنمایی را بررسی می‌کند. کنار یک شیر آتش‌نشانی مکث می‌کند تا آن را بو بکشد «چون همه‌ی سگ‌های دانشگاه کلمبیا به آن سر زده‌اند»، هورووویتز می‌گوید. گاهی او می‌بیند که فین لکه‌ی تازه‌ای از ادرار را بو می‌کشد، سرش را بالا می‌آورد، اطراف را نگاه (یا بو) می‌کند و سگِ تازه‌رفته را پیدا می‌کند. بو فقط یک شیء مستقل نیست، بلکه یک نشانه و مرجع است؛ و پیاده‌روی فقط گذر از نقطه‌ی **A** به نقطه‌ی **B** نیست، بلکه سفری است در میان داستان‌های لایه‌لایه و نادیدنیِ منهتن.

یک روزی وارد پارک می‌شویم، هوا پر می‌شود از بوی سبزه، چمن بریده، مالچ و کباب. سگی دیگر از کنارمان می‌گذرد و فین برمی‌گردد تا نمونه‌ای از بو را استشمام کند، گونه‌هایش را مثل یک سیگارکش پُف می‌دهد. دو پودل بزرگ نزدیک می‌شوند، اما پیش از آن‌که بتوانند نزدیک شوند، صاحبشان آن‌ها را کنار می‌کشد و به نرده فشار می‌دهد. هورووویتز ناراحت به نظر می‌رسد. او زمانی

خوشحال‌تر است که یک شپرد استرالیایی ماده می‌رسد و دور فین می‌چرخد؛ هر دو با اشتیاق اندام تناسلی یکدیگر را بو می‌کشند، در حالی که ما با صاحب سگ گفت‌وگوی کوتاهی می‌کنیم. ما جنسیت سگ دیگر را از طریق ضمیرها درمی‌یابیم؛ فین آن را از طریق بو فهمید. ما درباره‌ی سنش می‌پرسیم؛ فین می‌تواند حدس بزند. ما درباره‌ی سلامتی یا آمادگی‌اش برای جفت‌گیری نمی‌پرسیم؛ فین نیازی به پرسیدن ندارد. هورورویتز می‌گوید: «زمانی بود که سعی می‌کردم بفهمم او چه چیزی را بو می‌کشد، اما حالا کمتر این کار را می‌کنم، چون می‌دانم آنچه من دریافت می‌کنم همان چیزی نیست که او دریافت می‌کند.»

با این حال جای پیشرفت هست. هرچند بینی انسان فاقد پیچیدگی آناتومیکی بینی سگ است و ناخوشایندتر اینکه آن بالا دورتر از زمین قرار دارد، اما در عین حال کمتر مورد استفاده قرار می‌گیرد. هورورویتز می‌گوید با بو کشیدن بیشتر و توجه دقیق‌تر به بوها، خودش به یک «بوکش» بهتر (و البته ازنظراجتماعی عجیب‌تر) تبدیل شده است. «ما بینی‌های کاملاً خوبی داریم. فقط به اندازه‌ی سگ‌ها از آن استفاده نمی‌کنیم.»

وقتی درباره‌ی سگ‌ها با عصب‌شناسانی که حس بویایی انسان را بررسی می‌کنند صحبت کنی، اتفاق بامزه‌ای می‌افتد؛ همان‌طور که هورویتز هنگام نوشتن کتاب «*سگ بودن*» فهمید. آن‌ها کمی حالت دفاعی پیدا می‌کنند، کمی... خب... به دماغ‌شان بر می‌خورد.

بعضی خوششان نمی‌آید در حالی که بسیاری از پستانداران دیگر نیز بویایی فوق‌العاده‌ای دارند، سگ‌ها به‌عنوان قهرمانان ویژه‌ی بویایی معرفی شوند؛ از جمله موش‌ها (که حتی می‌توانند مین‌های زمینی را شناسایی کنند)، خوک‌ها (که اپی‌تلیوم بویایی‌شان می‌تواند دو برابر سگ ژرمن شپرد باشد)، و فیل‌ها (که بعداً به آن‌ها خواهیم پرداخت). دیگران به اختلاف‌های بزرگ در مطالعاتی اشاره می‌کنند که توانایی سگ‌ها در تشخیص بوهای خاص را بررسی کرده‌اند. این مطالعات گاهی ادعا کرده‌اند که سگ‌ها یک میلیارد برابر، یا یک میلیون برابر، یا فقط ده هزار برابر حساس‌تر از انسان هستند. در برخی موارد، انسان‌ها بهتر عمل می‌کنند: از میان ۱۵ ماده‌ی بودار که در هر دو گونه آزمایش شده‌اند، انسان‌ها در پنج مورد از سگ‌ها پیشی گرفته‌اند، از جمله بتا-یونون (بوی چوب سرو) و آمیل استات (بوی موز). انسان‌ها در تمایز بین بوها نیز عالی عمل هستند. در حالی که به‌راحتی می‌توان دو رنگ پیدا کرد که انسان‌ها قادر به تشخیص تفاوتشان نیستند، پیدا کردن دو بوی غیرقابل‌تشخیص برای انسان‌ها بسیار دشوار است. عصب‌شناس «جان مک‌گان» تلاش کرده و می‌گوید: «ما بوهایی را امتحان کردیم که موش‌ها نمی‌توانستند تفاوتشان را تشخیص دهند، اما انسان‌ها گفتند: نه، ما این را می‌فهمیم.»

با این حال، کتاب‌های درسی هنوز ادعا می‌کنند که حس بویایی ما بسیار ضعیف است. «مک‌گان» می‌گوید منشأ این افسانه‌ی زیان‌بار به قرن نوزدهم برمی-

گردد. در سال ۱۸۷۹، عصب‌شناس «پل بروکا» اشاره کرد که پیازهای بویایی ما در مقایسه با سایر پستانداران نسبتاً کوچک هستند. او نتیجه گرفت که بویایی حسی ابتدایی و حیوانی است و از دست دادن آن برای داشتن اندیشه‌ی برتر و اراده‌ی آزاد ضروری بوده است. سپس او انسان‌ها را (به همراه دیگر نخستی‌ها و نهنگ‌ها) در دسته‌ی «بی‌بویان» قرار داد. این برچسب ماندگار شد، حتی با وجود اینکه بروکا هرگز واقعاً میزان توانایی حیوانات در بوییدن را اندازه‌گیری نکرد و تنها بر اساس استنباط‌های ناقص از ابعاد مغز نتیجه‌گیری کرده بود. در مقایسه با یک موش، انسان پیاز بویایی کوچکتری نسبت به سایر بخش‌های مغز دارد، اما از نظر فیزیکی بزرگ‌تر است و تقریباً همان تعداد نورون را دارد. هنوز مشخص نیست که هر یک از این معیارها دقیقاً چه چیزی درباره‌ی تجربه‌ی بویایی یک حیوان بیان می‌کنند. [۱۰]

دیدگاه کتاب‌های درسی نیز دیدگاهی غربی است، بر پایه‌ی فرهنگ‌هایی که از دیرباز بویایی را کم‌ارزش دانسته‌اند. افلاطون و ارسطو استدلال می‌کردند که بویایی بیش از حد مبهم و شکل‌نیافته است و چیزی جز تأثیرات احساسی ایجاد نمی‌کند. داروین آن را «بسیار کم‌فایده» دانست. کانت گفت: «بویایی اجازه‌ی توصیف نمی‌دهد، بلکه تنها می‌توان آن را از راه شباهت با حسی دیگر مقایسه کرد.» زبان انگلیسی دیدگاه او را تأیید می‌کند، زیرا تنها سه واژه‌ی اختصاصی برای بو دارد: بد بو (Stinky)، معطر (Fragrant)، و کپک زده یا بوی

کهنگی (Musty). باقی واژه‌ها یا مترادف‌اند (مانند بوی معطر، بوی زننده) یا استعاره‌ای بسیار آزادند (مثل بوی پوسیدگی و بوی سنگین روغنی)، یا وام گرفته از حسی دیگر (مثل بوی شیرین گل یا تند ادویه)، یا به نام منبع بو (مانند بوی گل سرخ یا بوی لیمو). از میان پنج حس ارسطویی، چهار حس واژگان گسترده و دقیق دارند. بویایی، همان‌طور که «دایان آکرمن» نوشت، «حسی است بی‌واژه.»

مردم «جاهای» در مالزی با این دیدگاه مخالف‌اند، همان‌طور که مردم «سماق بری»، «مانیک» و بسیاری دیگر از گروه‌های شکارچی-گردآورنده که واژگان اختصاصی برای بو دارند نیز مخالف این نظر هستند. مردم جاهای تنها برای بوها بیش از دوازده واژه دارند. یکی از این واژه‌ها بوی بنزین، فضولات خفاش و هزارپا را توصیف می‌کند. واژه‌ی دیگری برای کیفیتی مشترک میان خمیر میگو، شیره‌ی درخت کائوچو، ببرها و گوشت گندیده به کار می‌رود. واژه‌ی دیگری هم برای صابون، میوه‌ی تند و تیز دوریان، و بوی شبیه پاپ‌کورن حیوان «بینتورونگ»(خرس گربه) استفاده می‌شود. [۱۱] روان‌شناس آصیفا ماجید می گیوید «آن‌ها در صحبت کردن درباره‌ی بوها راحتی خاصی دارند»، آصیفا ماجید متوجه شد مردم جاهای می‌توانند بوها را به همان آسانی نام ببرند که انگلیسی‌زبانان رنگ‌ها را نام می‌برند. همان‌طور که گوجه‌فرنگی قرمز است، بینتورونگ «Itpit» است. بو همچنین بخش بنیادی فرهنگ آن‌هاست. یک بار، دوستان جاهای‌ای ماجید او را مورد سرزنش قراردادند چون خیلی نزدیک به همکار پژوهشی‌اش نشسته بود و اجازه داده بود بوهایشان در هم بیامیزد. بار

دیگر، او تلاش کرد بوی گیاه زنجبیل وحشی را نام ببرد؛ کودکان نه تنها او را به خاطر شکست در این کار مسخره کردند، بلکه به خاطر اینکه کُل آن گیاه را یک چیز واحد در نظر گرفته بود نیز خندیدند، زیرا ساقه و گل‌ها آشکارا بوهای متفاوتی داشتند. ماجید می‌گوید: «افسانه‌ی ضعف بویایی انسان شاید خیلی زودتر کنار گذاشته می‌شد اگر انسان‌هایی که مورد بررسی قرارگرفتند مردم جاهای بودند، نه بریتانیایی‌ها و آمریکایی‌ها.»

حتی غربی‌ها هم وقتی فرصت پیدا کنند می‌توانند کارهای شگفت‌انگیزی با حس بویایی انجام دهند. در سال ۲۰۰۶، عصب‌شناس «جس پورتر» گروهی از دانشجویان را با چشم‌بند به پارکی در برکلی برد و از آن‌ها خواست مسیر ده‌متری روغن شکلاتی را که روی چمن ریخته بود دنبال کنند. دانشجویان چهار دست و پا راه افتادند، مثل سگ‌ها بو کشیدند و منظره‌ی مضحکی به‌وجود آوردند، اما موفق شدند و با تمرین بهتر هم شدند.

وقتی به دیدار «الکساندرا هورویتز» رفتم، او مرا به انجام همان آزمایش دعوت کرد و رشته‌ای آغشته به بوی شکلات را روی زمین گذاشت. با چشمان بسته و بینی باز، زانو زدم و شروع به بو کشیدن کردم. خیلی زود بوی شکلات را حس کردم و مسیرش را دنبال کردم. وقتی بو را از دست دادم، درست مثل یک سگ سرم را به چپ و راست تکان دادم. اما شباهت‌ها همین‌جا تمام شد. سگ می‌تواند شش بار در هر ثانیه بو بکشد و جریان ثابتی از هوا را از روی گیرنده‌های بویایی‌اش عبور دهد. من بعد از چند بار بو کشیدن پشت سر هم، از

نفس افتادم، و وقتی برای بازدم مکث کردم، مسیر بو را گم کردم. در نهایت توانستم رشته را دنبال کنم، اما کاری که «فین» در نیم‌ثانیه انجام می‌دهد، برای من یک دقیقه طول کشید. حتی اگر مرتب تمرین می‌کردم، باز هم نمی‌توانستم به سرعت کار فین برسم؛ چون «سخت‌افزار» لازم را ندارم. و نکته‌ی مهم‌تر، همان‌طور که هورویتز پس از برداشتن رشته اضافه کرد، سگ حتی وقتی منبع بو از بین رفته باشد باز هم می‌تواند مسیر را دنبال کند. ما هر دو خم شدیم تا دوباره بو بکشیم. او گفت: «من دیگر چیزی حس نمی‌کنم.» ما انسان‌ها توانایی بویایی خود را دست‌کم می‌گیریم، اما روشن است که در جهانی بویایی مشابه سگ‌ها زندگی نمی‌کنیم. و آن جهان آن‌قدر پیچیده است که شگفت‌آور است اگر اصلاً بتوانیم ابعاد آن را درک کنیم.

– -

بسیاری از موجودات زنده می‌توانند نور را حس کنند. برخی قادرند به صدا واکنش نشان دهند. تعداد اندکی توانایی تشخیص میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی را دارند. اما تقریباً همه موجودات، بدون استثناء، می‌توانند مواد شیمیایی را تشخیص دهند. حتی یک باکتری، که تنها از یک سلول تشکیل شده است، می‌تواند با دریافت نشانه‌های مولکولی از دنیای بیرون، غذا پیدا کند و خود را از خطر دور کند. باکتری‌ها همچنین می‌توانند سیگنال‌های شیمیایی از خود آزاد و با آن‌ها با یکدیگر ارتباط برقرار کنند، و زمانی که تعدادشان به اندازه کافی زیاد شد با اقداماتی هماهنگ، باعث عفونت شوند. این سیگنال‌ها می‌توانند

توسط ویروس‌های باکتری‌کش شناسایی شوند و مورد استفاده قرار گیرند؛ ویروس‌هایی که حس شیمیایی دارند، حتی با وجود اینکه آن‌قدر ساده‌اند که دانشمندان درباره زنده بودن یا زنده نبودنشان اختلاف نظر دارند. بنابراین، مواد شیمیایی کهن‌ترین و جهانی‌ترین منبع اطلاعات حسی هستند. آن‌ها از همان زمانی که «اوم‌ولت‌ها»یی وجود داشته‌اند، بخشی از آن بوده‌اند. همچنین، مواد شیمیایی از دشوارترین بخش‌های اوم‌ولت برای مطالعه به شمار می‌روند.

دانشمندانی که بر روی بینایی و شنوایی کار می‌کنند، کارشان نسبتاً آسان‌تر است. زیرا نور و امواج صوتی را می‌توان با ویژگی‌های واضح و قابل اندازه‌گیری مانند شدت و طول موج، یا بلندی و فرکانس تعریف کرد. اگر طول موجی برابر با ٤٨٠ نانومتر به چشم من بتابانید، رنگ آبی را خواهم دید. اگر نتی با فرکانس ٢٦١ هرتز **(Hz)** بخوانید، صدای «دو» میانی را خواهم شنید. در قلمرو بوها چنین معیارهای قابل پیش‌بینی وجود ندارد. تنوع مواد بودار آن‌قدر گسترده است که گویی بی‌نهایت است. برای طبقه‌بندی آن‌ها، دانشمندان از مفاهیم ذهنی مانند شدت و دلپذیری استفاده می‌کنند؛ مفاهیمی که تنها با پرسیدن از افراد قابل اندازه‌گیری‌اند. حتی بدتر از آن، هیچ راه مطمئنی برای پیش‌بینی این‌که یک مولکول بر اساس ساختار شیمیایی‌اش چه بویی دارد، یا اصلاً بویی دارد یا نه، وجود ندارد. [١٢] با این حال، بسیاری از حیوانات به طور طبیعی، بدون هیچ آموزشی در شیمی یا عصب‌شناسی، با پیچیدگی بویایی دست و پنجه نرم

می‌کنند. بینی‌های آن‌ها پادشاهان فضای بی‌نهایت‌اند. چگونه از پس این‌کار برمی‌آیند؟

اساس کار پس از کشف مهمی که لیندا باک و ریچارد آکسل در سال ۱۹۹۱ انجام دادند، روشن‌تر شد. در پژوهشی که بعدها برایشان جایزه نوبل به همراه داشت، این دو نفر، گروه بزرگی از ژن‌ها را شناسایی کردند که در تولید گیرنده‌های بویایی نقش دارند، گیرنده‌های بویائی پروتئین‌هایی هستند که در همان اول کار، مولکول‌های بودار را تشخیص می‌دهند. [۱۳] ما پیش‌تر در این فصل هنگام بحث درباره‌ی سگ‌ها با آن‌ها برخورد داشتیم، اما این گیرنده‌ها اساس حس بویایی در سراسر قلمرو جانوران هستند. گیرنده‌های بویایی احتمالاً مولکول‌های هدف خود را مانند پریزهای برق که دوشاخ‌های کابل خاصی را می‌پذیرند، شناسایی می‌کنند. [۱٤] هنگامی که این اتفاق می‌افتد، نورون‌هایی که جایگاه این گیرنده‌ها است، سیگنال‌هایی را به مراکز بویایی مغز می‌فرستند و حیوان یک بو را درک می‌کند. اما جزئیات این فرایند هنوز مبهم است. تعداد گیرنده‌ها برای پوشش دادن طیف وسیع مواد بودار کافی نیست، بنابراین ادراک بو باید به ترکیب نورون‌های بویایی‌ای که فعال می‌شوند وابسته باشد. اگر یک گروه فعال شود، شما از بوی گل رز لذت می‌برید. اگر گروه دیگری فعال شود، از بوی استفراغ، روی‌تان را برمی‌گردانید. چنین رمزی می‌باید وجود داشته باشد، اما ماهیت آن هنوز تا حد زیادی رازآلود مانده‌است.

گیرنده‌های بویایی همچنین می‌توانند از فردی به فرد دیگر به شکل چشمگیری متفاوت باشند. برای مثال، ژن OR7D4 گیرنده‌ای را ایجاد می‌کند که به آندروستنُن واکنش نشان می‌دهد؛ همان ماده‌ی شیمیایی که بوی جوراب‌های پای عرق‌کرده و بوی بدن از آن است. برای بیشتر مردم، این بو زننده و ناخوشایند است. اما برای معدود افرادی خوش‌شانس که نسخه‌ای کمی متفاوت از ژن OR7D4 را به ارث برده‌اند، آندروستنُن بویی شبیه وانیل دارد. این تنها یکی از صدها گیرنده است، و همه‌ی آن‌ها به شکل‌های گوناگون وجود دارند و به هر فرد یک «اوم‌ولت» شخصی و ظریف می‌بخشند. احتمالاً هر کسی جهان را کمی متفاوت بو می‌کند. و اگر درک «اوم‌ولت» بویایی یک انسان دیگر دشوار باشد، تصور کنید این درک در مورد گونه‌ای دیگر چقدر سخت‌تر خواهد بود.

ما باید نسبت به هر ادعایی که حس بویایی یک حیوان را با حس بویائی حیوانی دیگر مقایسه می‌کند، با دیده‌ی تردید نگاه کنیم. بارها خوانده‌ام که حس بویایی فیل پنج برابر حساس‌تر از سگ شکاری است، اما این یک ادعای کاملاً بی‌معناست. آیا این بدان معناست که فیل پنج برابر مواد شیمیایی بیشتری را تشخیص می‌دهد؟ یا اینکه برخی مواد را در یک‌پنجم غلظت حس می‌کند، یا از پنج برابر فاصله؟ یا اینکه بوها را پنج برابر طولانی‌تر به خاطر می‌سپارد؟ چنین مقایسه‌هایی همیشه ناقص خواهند بود، زیرا بویایی متنوع است و اغلب قابل اندازه‌گیری دقیق نیست. ما باید پرسیدنِ «حس بویایی یک حیوان چقدر خوب

است؟» را کنار بگذاریم. بهتر است بپرسیم: «بویایی برای آن حیوان چقدر اهمیت دارد؟» و «از حس بویایی خود برای چه استفاده می‌کند؟»

برای مثال، شب‌پره‌های نر به مواد شیمیایی جنسی‌ای که توسط ماده‌ها آزاد می‌شود، حساس هستند. آن‌ها با استفاده از شاخک‌های پرمانند خود، این بوها را از چندین مایل دورتر دریافت می‌کنند و آرام‌آرام به سمت منبع حرکت می‌کنند. بویایی برای آن‌ها آن‌قدر مهم است که وقتی دانشمندان شاخک‌های شب‌پره‌های ماده‌ی اسفینکس را به بدن نرها پیوند زدند، نرها مانند ماده‌ها رفتار کردند و به جای جستجوی جفت، به دنبال بوی محل‌های تخم‌گذاری رفتند. حس بویایی آن‌ها به‌وضوح شگفت‌انگیز است، از روی بقای شب‌پره‌ها می‌توان به این نکته پی‌برد. اما آن‌ها این حس خارق‌العاده را تنها برای چند کار مشخص به کار می‌گیرند. شب‌پره‌ها به‌عنوان «پهپادهای هدایت‌شونده با بو» توصیف شده‌اند، و این اغراق نیست. بسیاری از نرها حتی زمانی که به بلوغ می‌رسند، قطعات دهانی ندارند. رها از نیاز به خورد و خوراک، زندگی کوتاهشان صرف پرواز، یافتن و... جفت‌گیری می‌شود. رفتارهایشان آن‌قدر ساده است که به‌راحتی می‌توان آن‌ها را منحرف کرد. با تقلید از بوی شب‌پره‌های ماده، عنکبوت‌های بولاس می‌توانند شب‌پره‌های نر را به کمین مرگبار بکشانند، و کشاورزان نیز می‌توانند آن‌ها را به دام بیندازند. با این حال، حشرات دیگر بوها را به شیوه‌های پیچیده‌تری پردازش می‌کنند.

در یک آزمایشگاه در نیویورک، لئونورا اولیوس سیسنروس یک ظرف بزرگ پلاستیکی درب‌دار را بیرون می‌آورد و درِ آن را برمی‌دارد، دریایی پرجنب‌وجوش از نقطه‌های قرمز تیره نمایان می‌شود. آن‌ها مورچه هستند. به طور مشخص، مورچه‌های «کلونال مهاجم»؛ گونه‌ای ناشناخته که از بیشتر مورچه‌ها تنومندتر است و به‌طور غیرمعمول، نه ملکه دارد و نه نر. هر فرد ماده است و هر کدام می‌تواند با همانندسازی خود، تکثیر شود. حدود ۱۰ هزار مورچه درون ظرف در حال جنب‌وجوش‌اند. بیشترشان لانه‌ای موقت از بدن‌های خود ساخته‌اند و به لاروهای جوانشان رسیدگی می‌کنند. بقیه در جستجوی غذا پرسه می‌زنند. اولیوس سیسنروس آن‌ها را با مورچه‌های دیگر تغذیه می‌کند، از جمله با اسکامولس؛ پوره لاروهای گونه‌ای بسیار بزرگ‌تر که آن‌ها را از مکزیک می‌آورد.

مورچه‌های کلونال مهاجم آن‌قدر کوچک‌اند که تمرکز بر روی یکی از آن‌ها دشوار است. زیر میکروسکوپ، دیدنشان بسیار آسان‌تر می‌شود؛ نه فقط به‌خاطر بزرگ‌نمایی، بلکه چون اولیوس سیسنروس آن‌ها را رنگ کرده است. او با دستانی ماهر، با استفاده از سوزن‌های حشره، لکه‌هایی زرد، نارنجی، سرخابی، آبی و سبز را بر پشت مورچه‌ها می‌گذارد و به هر فرد یک کُد رنگی منحصربه‌فرد می‌دهد که می‌توان با یک سیستم دوربین خودکار آن‌ها را ردیابی کرد. این رنگ‌ها همچنین مشاهده‌ی آن‌ها با چشم را آسان‌تر می‌کند. هر از گاهی، متوجه می‌شوم یکی از مورچه‌ها با نوک شاخک‌های چماقی‌شکل خود دیگری را لمس می‌کند. این کار که به‌طور دلنشین با نام تماس شاخک به شاخک شناخته می‌شود،

معادل بوکشیدن مورچه‌هاست. این همان روشی است که آن‌ها از طریق آن مواد شیمیایی روی بدن یکدیگر را بررسی می‌کنند و هم‌کلنی‌ها را از بیگانگان تشخیص می‌دهند. این مورچه‌ها معمولاً زیر زمین زندگی می‌کنند و کاملاً نابینا هستند. «هیچ چیز دیداری در کار نیست.» دانیل کرونائر، سرپرست آزمایشگاه، به من می‌گوید. «از نظر ارتباطی، همه‌چیز شیمیایی است.»

مواد شیمیایی‌ای که آن‌ها استفاده می‌کنند فرومون‌ها نامیده می‌شوند؛ اصطلاح مهمی که اغلب به‌اشتباه فهمیده می‌شود. فرومون‌ها به سیگنال‌های شیمیایی‌ای اشاره دارند که پیام‌ها را میان اعضای یک گونه منتقل می‌کنند. بومبیکول، ماده‌ای که شب‌پره‌های ماده برای جذب نرها به کار می‌برند، یک فرومون است؛ اما دی‌اکسید کربن که پشه‌ها را به سوی بدن من جذب می‌کند، فرومون نیست. فرومون‌ها همچنین پیام‌های استانداردی هستند که کاربرد و معنای آن‌ها میان افراد یک گونه تفاوتی ندارد. همه‌ی شب‌پره‌های ابریشم ماده از بومبیکول استفاده می‌کنند و همه‌ی نرها به آن جذب می‌شوند؛ در مقابل، بوهایی که بوی یک فرد را از فرد دیگر متمایز می‌کنند، فرومون نیستند. در واقع، با وجود «مهمانی‌های فرومونی» که در آن مجردها لباس‌های یکدیگر را بو می‌کشند، یا اسپری‌های فرومونی که به‌عنوان محرک جنسی تبلیغ می‌شوند، هنوز مشخص نیست که آیا فرومون‌های انسانی واقعاً وجود دارند یا نه. با وجود دهه‌ها جست‌وجو، هیچ فرومونی در انسان شناسایی نشده است. [۱۵]

فرمون‌های مورچه‌ها داستان دیگری دارند. تعدادشان زیاد است و مورچه‌ها بسته به ویژگی‌هایشان آن‌ها را برای کاربردهای متفاوتی به کار می‌برند. مواد شیمیایی سبک که به‌راحتی در هوا پراکنده می‌شوند، برای فراخوانی گروه‌های بزرگی از کارگران استفاده می‌شوند تا سریعاً با کمک همدیگر بر شکار غلبه کنند یا هشدارهایی سریع و گسترده ایجاد کنند. اگر سر یک مورچه را خرد کنید، در عرض چند ثانیه، هم‌کلنی‌های اطراف، فرومون‌های پراکنده‌شده در هوا را حس کرده و به میدان نبرد هجوم می‌آورند. مواد شیمیایی با وزن متوسط که آهسته‌تر در هوا پخش می‌شوند، برای نشانه‌گذاری مسیرها به کار می‌روند. کارگران آن‌ها را زمانی که غذا پیدا می‌کنند، روی زمین می‌گذارند تا دیگر هم‌کلنی‌ها را به محل‌های پر از غذا هدایت کنند. با رسیدن تعداد بیشتری از کارگران، مسیر تقویت می‌شود و هنگامی که غذا تمام می‌شود، مسیر از بین می‌رود. مورچه‌های برگ‌بُر آن‌قدر به فرومون مسیرشان حساس هستند که تنها یک میلی‌گرم از آن می‌تواند مسیری بسازد که سه بار کره زمین را دور بزند. در نهایت، سنگین‌ترین مواد شیمیایی که تقریباً در هوا پراکنده نمی‌شوند، روی سطح بدن مورچه‌ها یافت می‌شوند. این مواد که به نام «هیدروکربن‌های کوتیکولی» شناخته می‌شوند، مانند کارت‌های شناسایی عمل می‌کنند. مورچه‌ها از آن‌ها برای تشخیص گونه‌ی خود از گونه‌های دیگر، تشخیص هم‌کلنی‌ها از کلنی‌های دیگر، و تشخیص ملکه‌ها از کارگران استفاده می‌کنند. ملکه‌ها همچنین از این مواد برای

متوقف کردن تولیدمثل کارگران یا برای نشاندارکردن افراد سرکش جهت تنبیه استفاده می‌کنند.

فرمون‌ها چنان تأثیر قدرتمندی بر مورچه‌ها دارند که می‌توانند آن‌ها را بی‌توجه به دیگر نشانه‌های حسی مهم، وادار به رفتار عجیب و زیان‌بار کنند، مورچه‌های قرمز از کرم‌های پروانه‌های آبی‌رنگ مراقبت می‌کنند؛ موجوداتی که هیچ شباهتی به لاروهای مورچه ندارند اما دقیقاً بوی آن‌ها را می‌دهند. مورچه‌های سرباز آن‌قدر به دنبال کردن مسیرهای فرومونی خود پایبند هستند که اگر این مسیرها به‌طور اتفاقی به دور خود حلقه بزنند، صدها کارگر در یک «مارپیچ مرگ» بی‌پایان قدم خواهند زد تا زمانی که از فرط خستگی بمیرند. [۱۶] بسیاری از مورچه‌ها از فرومون‌ها برای تشخیص افراد مرده استفاده می‌کنند: زمانی که زیست‌شناس ای. او. ویلسون اسید اولئیک را روی بدن مورچه‌های زنده مالید، خواهرانشان آن‌ها را مانند اجساد تلقی کرده و به توده زباله‌های کلنی بردند. مهم نبود که مورچه زنده و در حال حرکت بود؛ چیزی که اهمیت داشت این بود که بوی مرگ می‌داد.

«دنیای مورچه‌ها دنیایی پر هیاهو است. دنیایی انباشته از فرومون‌هایی که مدام رد و بدل می‌شوند»، ویلسون گفت. «ما آن را نمی‌بینیم، البته. چیزی جز این موجودات کوچک سرخ‌رنگ که روی زمین می‌دوند نمی‌بینیم، اما حجم عظیمی از فعالیت، هماهنگی و ارتباط در جریان است.» همه‌ی این‌ها بر پایه‌ی

فرومون‌هاست. این مواد بودار به مورچه‌ها اجازه می‌دهند از محدودیت‌های فردی فراتر روند و همچون یک اَبَرسازواره عمل کنند؛ رفتاری پیچیده و شگفت‌انگیز از کنش‌های ساده و ناآگاهانه‌ی افراد پدید می‌آورند. فرمون‌ها به مورچه‌های سرباز امکان می‌دهند شکارچیانی توقف‌ناپذیر باشند، به مورچه‌های آرژانتینی اجازه می‌دهند اَبَرکلنی‌هایی بسازند که کیلومترها امتداد دارند، و مورچه‌های برگ‌بُر را قادر می‌سازند کشاورزی خود را با پرورش قارچ بنا نهند. تمدن‌های مورچه‌ای از شگفت‌انگیزترین تمدن‌ها بر روی زمین هستند، و همان‌طور که پژوهشگر مورچه، پاتریتزیا دِتوره نوشته است: «نبوغ آن‌ها بی‌تردید در شاخک‌هایشان نهفته است.»

پژوهش‌های کرونائر بر روی مورچه‌ی «کلونال مهاجم» نشان می‌دهد که این نبوغ چگونه ممکن است تکامل یافته باشد. مورچه‌ها در اصل گروهی از زنبورهای بسیار تخصص‌یافته هستند که بین ۱۴۰ تا ۱۶۸ میلیون سال پیش تکامل یافتند و به‌سرعت از زندگی انفرادی به زندگی اجتماعی بسیار پیچیده گذر کردند. در این مسیر، مجموعه‌ی ژن‌های گیرنده‌ی بویایی آن‌ها ـــ ژن‌هایی که امکان حس کردن مواد شیمیایی بودار را فراهم می‌کنند ـــ به‌طرز چشمگیری افزایش یافت. در حالی که مگس‌های میوه ۶۰ ژن از این نوع دارند و زنبورهای عسل ۱۴۰ ژن، بیشتر مورچه‌ها بین ۳۰۰ تا ۴۰۰ ژن دارند و مورچه‌ی کلونال مهاجم رکورد ۵۰۰ ژن را ثبت کرده است. [۱۷] چرا؟

سه سرنخ وجود دارد:

۱. یک‌سوم گیرنده‌های بویایی مورچه‌های کلونال مهاجم فقط در بخش زیرین شاخک‌هایشان تولید می‌شوند ـــ همان بخشی که هنگام تماس شاخک به شاخک یکدیگر را لمس می‌کنند.

۲. این گیرنده‌ها به‌طور خاص فرومون‌های سنگین‌وزنی را تشخیص می‌دهند که مورچه‌ها به‌عنوان «نشان هویت» روی بدن خود دارند.

۳. حدود ۱۸۰ گیرنده‌ی یادشده همگی از یک ژن واحد منشأ گرفته‌اند که بارها و بارها در همان دوره‌ای تکثیر شد که مورچه‌های اجدادی از زندگی انفرادی به زندگی کلنی‌نشین تغییر مسیر دادند.

با کنار هم گذاشتن این سرنخ‌ها، کرونائر نتیجه می‌گیرد که این سخت‌افزار بویایی اضافی احتمالاً به مورچه‌ها کمک کرده تا هم‌کلنی‌های خود را بهتر بشناسند. زیرا آن‌ها به حضور یا نبود فقط یک فرومون توجه نمی‌کنند، بلکه نسبت‌های چندین فرومون مختلف را با هم می‌سنجند. این یک محاسبه‌ی دشوار است، اما زیربنای همه‌ی کارهای دیگر مورچه‌ها محسوب می‌شود. با گسترش توانایی‌های بویایی، آن‌ها ابزار لازم برای تنظیم جوامع پیچیده‌ی خود را به دست آوردند.

اندازه وابستگی مورچه‌ها به حس بویایی، زمانی آشکارتر می‌شود که از این حس محروم شوند. وقتی کرونائر مورچه‌های کلونال مهاجم را از ژنی به نام orco محروم کرد ـــ ژنی که گیرنده‌های بویایی برای تشخیص مولکول‌های هدف

به آن نیاز دارند؛ مورچه‌های جهش‌یافته، رفتاری کاملاً غیرمورچه‌ای از خود نشان دادند. اولیوس سیسنروس به من گفت: «از همان ابتدا، مشکلی در این مورچه‌ها وجود داشت. تشخیص آن خیلی آسان بود.» آن‌ها مسیرهای فرومونی را دنبال نمی‌کردند. موانعی را که بوی شدیدشان مورچه‌های عادی را دور می‌کرد، مثل خطوط کشیده‌شده با ماژیک پررنگ *شارپی*، نادیده می‌گرفتند. لاروهایی را که معمولاً موظف به مراقبت از آن‌ها بودند، نادیده می‌گرفتند. کلنی‌هایشان را به‌طور کامل نادیده می‌گرفتند و روزها به‌تنهایی پرسه می‌زدند. اگر به‌طور اتفاقی وارد کلنی می‌شدند، حضورشان باعث آشفتگی می‌شد. گاهی بدون دلیل فرومون‌های هشدار آزاد می‌کردند و هم‌کلنی‌هایشان را بیهوده به وحشت می‌انداختند. «آن‌ها قادر نیستند حضور مورچه‌های دیگر را تشخیص بدهند»، کرونائر می‌گوید. «آن‌ها اصلاً قادر به حس کردنشان نیستند.» سخت است که برایشان احساس دلسوزی نکنیم. مورچه‌ای بدون بویایی، مورچه‌ای بدون کلنی است، و مورچه‌ای بدون کلنی، به‌سختی می‌توان گفت که اصلاً مورچه است. [۱۸]

مورچه‌ها شاید چشمگیرترین نمونه از قدرت فرومون‌ها باشند، اما تنها نمونه نیستند. خرچنگ‌های ماده برای جذب خرچنگ‌های نر، در صورت آن‌ها ادرار می‌پاشند تا فرومون جنسی آزاد کنند. موش‌های نر در ادرار خود فرومونی تولید می‌کنند که باعث می‌شود ماده‌ها به دیگر اجزای بوی آن‌ها اختصاصاً جذب شوند؛ این ماده، برگرفته از قهرمان مرد رمان *غرور و تعصب*، دارسین نامیده

می‌شود. گل ارکیده‌ی عنکبوتی تازه شکفته، با تقلید از فرومون‌های جنسی زنبورهای نر آن‌ها را فریب می‌دهد تا گرده‌اش را حمل کنند. اِی. او. ویلسون روزی گفت «ما همیشه، به‌ویژه در طبیعت، در میان ابرهای عظیم فرومون‌ها زندگی می‌کنیم. این مواد به صورت توده‌هایی به اندازه‌ی میلیونیم گرم آزاد می‌شوند و می‌توانند شاید تا یک کیلومتر پراکنده شوند.» این پیام‌های ویژه، کل قلمرو حیوانات را هدایت می‌کنند؛ از کوچک‌ترین موجودات تا بزرگ‌ترینشان.

در سال ۲۰۰۵، «لوسی بیتس» به پارک ملی آمبوسِلی در کنیا رفت تا فیل‌های آنجا را مورد مطالعه قرار بدهد. در اولین روز حضورش، دستیاران باتجربه‌ی میدانی به او گفتند این حیوانات، که از دهه‌ی ۱۹۷۰ توسط دانشمندان مشاهده و بررسی شده بودند، تقریباً مطمئناً متوجه خواهند شد که چهره‌ی تازه‌ای به گروه پژوهشی اضافه شده است. بیتس با تردید پرسید: چطور ممکن است بفهمند؟ چرا باید اهمیت بدهند؟ اما به محض اینکه تیم یکی از گله فیل‌ها را پیدا و موتور خودرو را خاموش کرد، فیل‌ها فوراً به سمتشان برگشتند. بیتس می‌گوید: «یکی از آن‌ها جلو آمد، خرطومش را داخل پنجره‌ی من کرد و حسابی بو کشید. آن‌ها فهمیدند فرد تازه‌ای داخل ماشین است.»

در طول چند سال بعد، بیتس به چیزی پی‌برد که هر کسی که مدتی را با فیل‌ها بگذراند میفهمد: زندگی فیل‌ها تحت سلطه‌ی حس بویایی است. لازم نیست چیزهایی درباره‌ی رکورد خارق‌العاده‌ی فیل‌ها در داشتن ۲۰۰۰ ژن گیرنده‌ی بویایی یا اندازه‌ی پیاز بویایی‌شان بدانید؛ کافی است خرطومشان را تماشا کنید. هیچ حیوان دیگری بینی‌ای به این اندازه متحرک و آشکار ندارد، و بنابراین هیچ حیوان دیگری را مشاهده نخواهید کرد که به‌این آسانی در حال بو کشیدن باشد. فیل چه در حال راه رفتن باشد یا غذا خوردن، چه نگران باشد یا آرام، خرطومش دائماً در حرکت است: تاب می‌خورد، می‌پیچد، می‌چرخد، می‌کاود و حس می‌کند. گاهی کل این اندام شش فوتی مانند پریسکوپ بالا می‌رود تا چیزی را بررسی کند. گاهی حرکاتش بسیار ظریف‌اند. بیتس می‌گوید: «می‌توانید به فیل در حال غذا خوردنی نزدیک شوید که صدای آمدن شما را شنیده است، و بدون اینکه سرش را بچرخاند، فقط نوک خرطومش را به سمت شما برمی‌گرداند.»

فیل‌های آفریقایی می‌توانند با خرطوم خود گیاهان مورد علاقه‌شان را تشخیص دهند، حتی وقتی در جعبه‌های دربسته پنهان شده یا میان یک بسته انبوه از گیاهان متنوع در هم ریخته قرار گرفته باشند. آن‌ها قادرند بوهای ناآشنا را نیز یاد بگیرند: پس از آموزش کوتاه برای شناسایی TNT ــ ماده‌ای که گفته می‌شود برای انسان بی‌بو است ــ سه فیل آفریقایی توانستند این ماده را ماهرانه‌تر از

سگ‌های آموزش‌دیده شناسایی کنند. دو فیل از همان گروه، «چیشورو» و «موسینا»، توانستند با بو کشیدن یک انسان، رایحه‌ی او را از میان ردیفی از نه شیشه که با بوی افراد مختلف آغشته شده بود، تشخیص دهند. فیل‌های آسیایی هم دست‌کمی ندارند. در یک مطالعه، آن‌ها توانستند تنها با استفاده از حس بویایی، به‌درستی تشخیص دهند کدام‌یک از دو سطل پوشیده، غذای بیشتری دارد ــــ کاری که انسان‌ها قادر به انجامش نیستند و حتی سگ‌ها (در یکی از آزمایش‌های «الکساندرا هورووویتز») در آن دچار مشکل شدند. [۱۹] بیتس می‌گوید: «اگر نگاه می‌کردیم می‌توانستیم تفاوت را بفهمیم، اما اگر فقط بو می‌کردیم، هیچ راهی نداشتیم. سطح اطلاعاتی که آن‌ها می‌توانند از بو به دست بیاورند بسیار فراتر از درک ماست.»

فیل‌ها می‌توانند بوی خطر را نیز تشخیص دهند. مدتی پس از ورود «بیتس» به آمبوسِلی، یکی از همکارانش چند مرد ماسایی را با جیپی که تیم پژوهشی دهه‌ها از آن استفاده کرده بود، سوار کرد. روز بعد، هنگامی که تیم با همان خودرو بیرون رفت، فیل‌ها به‌طور غیرمنتظره‌ای در برابر وسیله‌ی آشنا محتاط شدند. جوانان ماسایی گاهی فیل‌ها را با نیزه هدف قرار می‌دهند، و بیتس حدس زد که حیوانات از بوهای باقی‌مانده در جیپ ــــ ترکیبی از بوی گاوهایی که ماسایی‌ها پرورش می‌دهند، فرآورده‌های لبنی که می‌خورند، و رنگ اُخری که به بدنشان می‌مالند ــــ نگران شده‌اند. برای آزمودن این فرضیه، او بسته‌هایی از

لباس‌های مختلف را در قلمرو فیل‌ها پنهان کرد. وقتی حیوانات به لباس‌های شسته‌شده یا لباس‌های پوشیده‌شده توسط «کامبا» ـــ قومی که تهدیدی برایشان نیست ـــ نزدیک می‌شدند، کنجکاو اما بی‌تفاوت بودند. اما هر بار که بوی لباس‌های پوشیده‌شده توسط ماسایی‌ها را حس می‌کردند، واکنش‌شان کاملاً آشکار بود. بیتس می‌گوید: «به محض این‌که اولین خرطوم بالا می‌رفت، کل گروه با بیشترین سرعت فرار می‌کردند و تقریباً همیشه به سمت علفزارهای بلند می‌رفتند. این واکنش به‌طرز باورنکردنی واضح بود ـــ همه‌ی گروه، همیشه.»

غذا و دشمنان به کنار، هیچ منبع بویی برای فیل‌ها به اندازه‌ی خودِ فیل‌های دیگر اهمیت ندارد. آن‌ها با خرطومشان مرتب یکدیگر را بررسی می‌کنند و غدد، اندام‌های تناسلی و دهان همدیگر را می‌کاوند. وقتی فیل‌های آفریقایی پس از جدایی طولانی دوباره به هم می‌رسند، آیین‌های خوشامدگویی پُرشوری را پشت سر می‌گذارند. انسان‌ها می‌توانند تکان تکان خوردن‌های گوش‌های‌شان را ببینند و غرش‌های بم گلویشان را بشنوند، اما برای خودِ فیل‌ها این تجربه باید نوعی پاندومیم بویایی باشد. آن‌ها با شدت ادرار و مدفوع می‌کنند، و در همین حال مایع معطر از غدد پشت چشم‌هایشان جاری می‌شود و هوای اطرافشان را از بوها پر می‌کنند.

افراد کمی به اندازه‌ی «بتس راسموسن» در مطالعه‌ی بوهای فیل‌ها تلاش کرده‌اند؛[۲۰] این زیست‌شیمی‌دان روزی لقب «ملکه‌ی ترشحات، دفعیات و بازدم‌های فیل» را گرفت. اگر فیلی چیزی تولید می‌کرد، راسموسن احتمالاً آن را بو می‌کشید و حتی شاید مزه هم می‌کرد. او دریافت که این ترشحات سرشار از فرومون‌ها هستند و بنابراین پر از معنا. در سال ۱۹۹۶، پس از ۱۵ سال کار، او ترکیبی شیمیایی به نام Z-7-dodecen-1-yl acetate را جدا کرد؛ ماده‌ای که فیل‌های ماده در ادرار خود آزاد می‌کنند تا به نرها اطلاع دهند آماده‌ی جفت‌گیری هستند. شگفت‌انگیز بود که تنها یک ترکیب می‌تواند تا این حد بر زندگی جنسی حیوانی به این پیچیدگی اثر بگذارد. حتی شگفت‌انگیزتر این‌که شب‌پره‌های ماده نیز با همین ماده نرها را جذب می‌کنند. خوشبختانه، شب‌پره‌های نر به فیل‌های ماده جذب نمی‌شوند، زیرا این ماده تنها یکی از چندین ترکیب موجود در فهرست جستجوی آن‌هاست. خوشبختانه‌تر این‌که فیل‌های نر هم تلاش نمی‌کنند با شب‌پره‌های ماده جفت‌گیری کنند، چون پروانه‌ها مقدار ناچیزی از این فرومون تولید می‌کنند. اما فیل‌ها مانند فانوس‌هایی پر از بوهای تند می‌درخشند. راسموسن سرانجام کشف کرد که فیل‌ها می‌توانند از طریق بو تشخیص دهند که ماده‌ها در کدام بخش از چرخه‌ی فحلی خود هستند، یا بفهمند نرها در وضعیت جنسی فوق‌پرخاشگرانه‌ای به نام مَست (Musth) قرار دارند. آن‌ها همچنین قادرند افراد را از هم تشخیص دهند. هنگامی که در مسیرهای کهنه‌ای که قلمروهایشان را به هم وصل می‌کند حرکت می‌کنند، مدفوع و ادرار خود را بر

جای می‌گذارند ـــ نه به‌عنوان زباله، بلکه به‌عنوان داستان‌های شخصی که توسط خرطوم‌های دیگران خوانده می‌شوند.

در سال ۲۰۰۷، لوسی بیتس راه هوشمندانه‌ای برای آزمودن این ایده پیدا کرد. او گروه‌های خانوادگی فیل‌ها را دنبال می‌کرد و منتظر می‌ماند تا یکی از آن‌ها ادرار کند. وقتی گله محل را ترک می‌کرد، او جلو می‌رفت، خاکِ آغشته به ادرار را با یک ماله جمع می‌کرد و آن را داخل یک ظرف بستنی می‌ریخت. سپس در ساوانا رانندگی می‌کرد تا یا همان گله‌ی فیل‌ها یا گله‌ای متفاوت را پیدا کند. با بریدن راه آن‌ها، محتویات ظرف را روی مسیر حرکتشان خالی می‌کرد، برای مشاهده با سرعت به نقطه‌ای دور می‌رفت و منتظر می‌ماند. او می‌گوید: «این خوشایندترین آزمایش نبود. اغلب فکر می‌کردی می‌دانی آن‌ها به کدام سمت می‌روند و نمونه را همان‌جا می‌گذاشتی، اما بعد جهتشان را عوض می‌کردند. این واقعاً روحیه‌ام خراب می‌کرد.» وقتی کار درست پیش می‌رفت، فیل‌ها همیشه هنگام نزدیک شدن، ادرار را بررسی می‌کردند. اگر مربوط به یک گروه خانوادگی متفاوت بود، خیلی زود آن را نادیده می‌گرفتند. اگر مربوط به یکی از اعضای خانواده بود که جزو گروه فعلی نبود، علاقه‌ی بیشتری نشان می‌دادند. اما اگر متعلق به فیلی از همان گروه بود که پشت سرشان در حال حرکت بود، کنجکاوی‌شان به‌طور ویژه‌ای برانگیخته می‌شد. آن‌ها دقیقاً می‌دانستند چه کسی آن ادرار را بر جا گذاشته است و چون آن فرد منطقاً نمی‌توانست جلوتر از آن‌ها رفته باشد، گیج می‌شدند و با دقت بوی جابه‌جاشده را بررسی

می‌کردند. فیل‌ها در گروه‌های خانوادگی بزرگ حرکت می‌کنند و به نظر می‌رسد نه‌تنها می‌دانند چه کسانی اطرافشان هستند، بلکه می‌دانند آن افراد کجا قرار گرفته‌اند. بو است که این آگاهی را تثبیت می‌کند. بیتس می‌گوید: «میزان اطلاعاتی که آن‌ها باید مدام هنگام سفر، از تمام بوهای مختلفی که استشمام می‌کنند دریافت کنند... فکر می‌کنم واقعاً باید طاقت‌فرسا باشد.»

ماهیت دقیق آن اطلاعات به‌سختی قابل تشخیص است. بوها به‌راحتی قابل ثبت و ضبط نیستند؛ بنابراین در حالی که دانشمندان می‌توانند نمایش‌های رفتاری یک حیوان را عکاسی کنند و صداهایش را ضبط کنند، کسانی که به بویایی اهمیت می‌دهند مجبورند کارهایی مثل جمع‌کردن خاکِ آغشته به ادرار انجام دهند. بوها همچنین به‌راحتی قابل بازتولید نیستند: نمی‌توان یک بو را از طریق بلندگو یا صفحه‌نمایش پخش کرد، بنابراین پژوهشگران مجبورند کارهایی مثل بردن خاکِ آغشته به ادرار جلوی گله‌های فیل انجام دهند. آن هم در صورتی است که اصلاً به بویایی توجه‌ای داشته باشند. در بسیاری از موارد، پژوهشگران فیل‌ها، ذهن این حیوانات را با آزمایش‌هایی بررسی کرده‌اند که ذاتاً بصری بوده و شامل اشیایی مانند آینه‌ها می‌شود. ما تا چه اندازه از درک ذهن فیل‌ها محروم مانده‌ایم، فقط به این دلیل که حواس اصلی آن‌ها را نادیده گرفته‌ایم؟

وقتی فیل‌ها در مسیرهای مورد علاقه‌ی خود حرکت می‌کنند و با نشانه‌های بویاییِ برجامانده از فیل‌های دیگر روبه‌رو می‌شوند، به‌جز هویت آن فیل‌ها، چه اطلاعات دیگری دریافت می‌کنند؟ آیا آن‌ها می‌توانند وضعیت‌های

احساسیِ عبورکنندگان قبلی را تشخیص دهند؟ آیا قادرند استرس را حس کنند یا بیماری‌ها را شناسایی کنند؟ در مورد محیط گسترده‌تر اطراف‌شان چه چیزهائی درک می‌کنند؟ فیل‌هایی که پس از جنگ به آنگولا بازگشته‌اند، به نظر می‌رسد از عبور از کنار میلیون‌ها مین زمینی که هنوز در آن سرزمین پراکنده است، دوری می‌کنند؛ با توجه به این‌که می‌توان آن‌ها را خیلی سریع برای شناسایی TNT آموزش داد، این احتیاط آن‌ها شاید چندان هم تعجب‌آور نباشد. می‌دانیم فیل‌ها در زمان‌های خشکسالی چاه حفر می‌کنند، و جورج ویت‌مایر، که او هم در آمبوسلی کار کرده است، مطمئن است که فیل‌ها برای این کار از بوی آبِ مدفون در زیر زمین استفاده می‌کنند. او همچنین معتقد است که آن‌ها می‌توانند بارانِ در حال نزدیک شدن را از طریق بوهایی که هنگام پاشیدن قطرات باران بر خاک‌های دوردست آزاد می‌شود، تشخیص دهند. او به من می‌گوید: «آن بوی خاک باران خورده هیجان‌انگیز است. باعث می‌شود احساس شور و سرزندگی کنم، و می‌توانی ببینی که فیل‌ها هم از بوی آن سرخوش می‌شوند.»

راسموسن زمانی گمانه‌زنی کرد که فیل‌ها ممکن است مهاجرت‌های طولانی خود را با استفاده از «حافظه‌های شیمیاییِ چشم‌اندازها، ناهمواری زمین، مسیرها، منابع معدنی و نمک، آبگیرها، بوی باران یا رودخانه‌های طغیان‌کرده، و بوی درختانی که نشان‌دهنده فصل‌ها هستند» سروسامان بدهند. هیچ‌کس این ادعاها را آزمایش نکرده است، اما منطقی به نظر می‌رسند. به هر حال، سگ‌ها، انسان‌ها و مورچه‌ها همگی می‌توانند ردهای بویی را دنبال کنند. سالمون‌ها

می‌توانند با تمرکز بر بوهای منحصربه‌فردِ آب‌های زادگاهشان به همان جویبارهایی بازگردند که در آن‌ها متولد شده‌اند. [۲۱] عنکبوت‌های شلاقی با استفاده از گیرنده‌های بویاییِ نوک پاهای جلویی بسیار بلند و نخ‌مانندشان، راه بازگشت به پناهگاه‌های خود را در میان شلوغی جنگل‌های بارانی پیدا می‌کنند. خرس‌های قطبی شاید بتوانند هزاران کیلومتر یخِ یکنواخت را به‌پیمایند، زیرا غدد موجود در پنجه‌هایشان با هر قدم بویی از خود بر جای می‌گذارد. این نمونه‌ها آن‌قدر رایج‌اند که برخی دانشمندان معتقدند هدف اصلی بویایی در جانوران نه صرفاً تشخیص مواد شیمیایی، بلکه استفاده از آن‌ها برای جهت‌یابی در جهان است. با بینی‌های مناسب، چشم‌اندازها می‌توانند به «بومنظرها» تبدیل شوند و نشانه‌های معطر راه را به سوی غذا و سرپناه نشان دهند. طنز ماجرا این است که بهترین شواهد برای چنین توانایی‌هایی از جانورانی به دست آمده که تا همین اواخر تصور می‌شد اصلاً قادر به بو کشیدن نیستند.

جان جیمز آدوبان، طبیعت‌دان و هنرمند پرشور، بیش از همه به خاطر نقاشی پرندگان آمریکای شمالی و گردآوری آن‌ها در یک اثر بنیادینِ پرنده‌شناسی شناخته می‌شود. اما او همچنین با انجام آزمایش‌هایی واقعاً فاجعه‌بار بر روی پرندگان، مخصوصاً روی کرکس‌ها، باعث رواج یک باور نادرست درباره پرندگان شد که قرن‌ها دوام آورد.

از زمان ارسطو، دانشمندان باور داشتند که کرکس‌ها حس بویایی بسیار تیزی دارند. آدوبان نظر متفاوتی داشت. وقتی او لاشه‌ی در حال تعفنِ یک خوک را در فضای باز رها کرد، هیچ کرکسی برای خوردن آن نیامد. اما در مقابل، زمانی که پوست یک گوزن را که با کاه پر شده بود بیرون گذاشت، یک کرکس بوقلمونی به سوی آن شیرجه زد و شروع به نوک زدن کرد. او در سال ۱۸۲۶ ادعا کرد که این پرندگان غذای خود را با بینایی پیدا می‌کنند، نه با بویایی. حامیانش این ادعا را با شواهدی به همان اندازه مشکوک تقویت کردند. یکی از آن‌ها گزارش داد که کرکس‌ها به یک نقاشی از گوسفندی شکم‌دریده حمله می‌کنند و اینکه کرکس‌های در اسارت پس از کور شدن از خوردن غذا امتناع می‌ورزند. دیگری نشان داد که یک بوقلمون—نه کرکس بوقلمونی، دقت کنید؛ بلکه یک بوقلمون واقعی—همچنان غذایی را می‌خورد که با اسید سولفوریک و سیانید پتاسیم آلوده شده بود؛ ترکیبی با بویی بسیار تند که به‌شدت کشنده بود. این مطالعات عجیب توجه بسیاری را جلب کرد. مهم نیست که کرکس‌ها لاشه‌های تازه را ترجیح می‌دهند و گوشت بیش از حد بدبو، مثل همان چیزی که آدوبان استفاده کرده بود، را نادیده می‌گیرند. یا اینکه آدوبان کرکس‌های سیاه (که کمتر به بویایی متکی‌اند) را با کرکس‌های بوقلمونی اشتباه گرفته بود. یا اینکه رنگ‌های روغنی آن زمان خود موادی شیمیایی آزاد می‌کردند که در گوشت در حال فساد هم یافت می‌شود. یا حتی دلایل متعدد دیگری که ممکن است باعث شود یک حیوان مثله‌شده اصلاً میل چندانی به خوردن نداشته باشد. با این

حال، این ایده که کرکس‌های بوقلمونی، و به تعمیمی مشکوک، همه‌ی پرندگان، قادر به بو کشیدن نیستند، وارد کتاب‌های درسی شد. شواهد خلاف این باور دهه‌ها نادیده گرفته شد و مطالعه‌ی بویایی در پرندگان به ورطه‌ی فراموشی افتاد.

بتسی بنگ این موضوع را احیا کرد. او پرنده‌شناس آماتور و تصویرگر پزشکی بود و منقار پرنده‌ها را یکی پس از دیگری تشریح می‌کرد و آنچه را می‌دید، ترسیم می‌نمود. آنچه او دید، حفره‌های بزرگی بود که پر از پیچ و تاب‌های نازک استخوانی بودند، بسیار شبیه به چیزی که در بینی سگ وجود دارد. این یافته‌ها او را متقاعد کرد که پرندگان باید توانایی بویایی داشته باشند. چرا باید این همه سازوکار را داشته باشند، اگر نه برای بو کشیدن؟ بنگ نگران این بود که کتاب‌های درسی اطلاعات نادرست منتشر می‌کنند، بنابراین در دهه ۱۹۶۰ مغز بیش از صد گونه پرنده را با دقت بررسی و اندازه پیازهای بویایی آن‌ها را تعیین کرد. او نشان داد که این مراکز بویایی در کرکس‌های بوقلمون، کیوی‌های نیوزیلند و پرندگان بینی لوله‌ای—گروهی از پرندگان دریایی که شامل آلباتروس‌ها، پترل‌ها، شیرواترها و فولمارها می‌شوند—به‌طور ویژه بزرگ هستند. پرندگان بینی لوله‌ای به دلیل داشتن لوله‌های بینی واضح روی منقارشان به این نام شناخته می‌شوند. در ابتدا تصور می‌شد این لوله‌ها کانال‌هایی برای دفع نمک باشند، اما کار بنگ نشان داد که وظایف دیگری نیز دارند: این لوله‌ها هوا را به داخل بینی هدایت می‌کنند و به پرندگان اجازه می‌دهند هنگام پرواز بر فراز اقیانوس، بوی غذا را استشمام کنند. بنگ نوشت که برای آن‌ها، «بویایی از اهمیت

بنیادی برخوردار است.» [۲۳] پسر بنگ، اکسل بعدها گفت: «مادرش با درگیری مشکلی نداشت، حتی اگر لازم بود با شخص مشهوری مانند آدوبان مقابله کند.»

در نقطه‌ای دیگر از کالیفرنیا، برنیس ونزل نیز به همان نتیجه رسیده بود. ونزل، استاد فیزیولوژی (و یکی از معدود زنانی که در دهه‌ی ۱۹۵۰ در ایالات متحده چنین سمتی داشت)، نشان داد که وقتی کبوترهای نامه‌بر بوی هوای معطر را استشمام می‌کنند، ضربان قلبشان تندتر می‌شود و نورون‌های پیاز بویایی‌شان با هیجان فعال می‌شوند. او این آزمایش را با پرندگان دیگر نیز تکرار کرد— لاشخورهای بوقلمونی، بلدرچین‌ها، پنگوئن‌ها، کلاغ‌ها و اردک‌ها—و همه واکنشی مشابه نشان دادند. او آنچه را که بنگ استنباط کرده بود ثابت کرد: پرندگان می‌توانند بو را حس کنند. هم بنگ و هم ونزل، که اکنون درگذشته‌اند، به‌عنوان «یاغیانِ نسل خود» توصیف شده‌اند؛ کسانی که در برابر باورهای نادرست رایج ایستادند و به دیگران اجازه دادند جهانی حسی را بررسی کنند که پیش‌تر وجودش انکار می‌شد. و به‌دلیل الگویی که ارائه دادند و راهنمایی‌هایی که کردند، بسیاری از دانشمندانی که راه آن‌ها را ادامه دادند نیز زن بودن.

یکی از آن‌ها، گابریل نِویت، در میان حاضرانی بود که ونزل در یکی از آخرین سخنرانی‌های پیش از بازنشستگی‌اش درباره‌ی پژوهش‌هایش بر روی پرندگان دریایی صحبت می‌کرد. نِویت که از او الهام گرفته بود، مسیر حرفه‌ای

خود را وقف یافتن این موضوع کرد که پرندگان لوله‌بینی چگونه از حس بویایی خود استفاده می‌کنند. از سال ۱۹۹۱ به بعد، هر وقت امکان می‌یافت سوار هر کشتی‌ای می‌شد که به قطب جنوب می‌رفت. به گفته‌ی خودش تلاش می‌کرد «بدون آن که جانش در خطر بیفتد، بفهمد چطور می‌توان پرندگان را از عرشه‌ی یک یخ‌شکن آزمایش کرد». او تامپون‌ها را در روغن ماهی خیس می‌کرد و آن‌ها را با بادبادک به پرواز درمی‌آورد. لکه‌هایی از روغن‌های با بوی تند را از عقب کشتی‌ها در آب رها می‌کرد. و هر بار، پرندگان لوله‌بینی خیلی زود از راه می‌رسیدند. نِویت گمان می‌کرد این پرندگان جذب ماده‌ی شیمیایی خاصی درون آن مخلوط بدبو می‌شوند، اما نمی‌دانست آن ماده چیست یا پرندگان چگونه آن را در پهنه‌ی بیکران آب پیدا می‌کنند. او پاسخ این پرسش را تنها در یکی از سفرهای بعدی‌اش به قطب جنوب، و آن هم در شرایطی غیرمنتظره، به‌دست آورد.

در طول آن سفر، طوفانی سهمگین کشتی نِویت را به‌شدت تکان داد، او را در اتاقش به این سو و آن سو پرتاب کرد و با شدت به یک جعبه‌ابزار کوبید. کلیه‌اش پاره شد و حتی پس از آن‌که کشتی پهلو گرفت و خدمه‌ای تازه سوار شدند، ناچار بود در تختش بماند. نِویت که هنوز دوران نقاهت را می‌گذراند، با دانشمند ارشد جدید، متخصص شیمی جو به نام تیم بِیتس باب گفتگو را باز کرد. این دانشمند برای مطالعه‌ی گازی به نام دی‌متیل سولفید (DMS) آمده بود. در اقیانوس‌ها، پلانکتون‌ها هنگامی که توسط کریل‌ها خورده

می‌شوند، DMS آزاد می‌کنند؛ کریل‌ها جانورانی شبیه میگو هستند که خود طعمه‌ی نهنگ‌ها، ماهی‌ها و پرندگان دریایی می‌شوند. DMSچندان در آب حل نمی‌شود و سرانجام راه خود را به هوا باز می‌کند. اگر به اندازه‌ی کافی بالا برود، به شکل‌گیری ابرها کمک می‌کند. اگر وارد بینی یک ملوان شود، بویی ایجاد می‌کند که نِویت آن را «خیلی شبیه صدف» یا «تا حدی بوی جلبک دریایی» توصیف می‌کند. این بو، بوی دریاست.

به‌ویژه، DMS بوی دریاهای پربرکت است؛ جاهایی که دستجات عظیم پلانکتون، دسته‌هائی به همان اندازه عظیمِ کریل را تغذیه می‌کنند. هنگامی که نِویت با بِیتس صحبت می‌کرد، کم‌کم برایش روشن شد که DMS دقیقاً همان ماده‌ی شیمیایی‌ای است که در ذهنش تصور کرده بود؛ زنگ شامِ بویایی! زنگ شامی که به پرندگان دریایی خبر می‌دهد آب‌ها انباشته از طعمه‌اند. بِیتس به نویت نقشه‌ای داد که سطح DMS را در بخش‌هایی از جنوبگان نشان می‌داد؛ با مشاهده این نقشه برداشت نویت تثبیت شد. نِویت در تغییرات میزان این ماده‌ی شیمیایی در آن نقشه، چشم‌اندازی دریایی از کوه‌های بودار و دره‌های بی‌بو دید. او دریافت که اقیانوس آن‌قدرها هم که پیش‌تر تصور می‌کرد بی‌نام و نشان و یکدست نیست؛ بلکه دارای توپوگرافی پنهانی است که برای چشم، نامرئی، اما برای بینی آشکار است. او شروع کرد به درک دریا، همان‌گونه که یک پرنده‌ی دریایی ممکن است آن را حس کند.

نِویت پس از آن‌که دوباره توانست روی پای خود بایستد، مجموعه‌ای از پژوهش‌ها انجام داد که فرضیه‌ی DMS را تأیید کرد. او دریافت که پرندگان بینی لوله‌ای به‌سوی لکه‌های این ماده‌ی شیمیایی هجوم می‌آورند. او محاسبه کرد که آن‌ها قادرند DMS را در غلظت‌های بسیار اندک و ناچیز تشخیص دهند؛ همان مقدار اندکی که در واقعیت با باد جابه‌جا می‌شود. او نشان داد که برخی از پرندگان بینی لوله‌ای حتی پیش از آن‌که توانایی پرواز پیدا کنند، به DMS جذب می‌شوند. [۲٤] بسیاری از گونه‌ها در نقب‌های عمیق لانه می‌سازند و جوجه‌هایشان—که شبیه توپ‌های پرزدار به اندازه‌ی گریپ‌فروت‌اند—در جهانی تاریک از تخم بیرون می‌آیند. اوم‌ولتِ آغازین آن‌ها عاری از نور، اما سرشار از بو است؛ بوهایی که از دهانه‌ی نقب به درون می‌وزند یا چسبیده به منقار و پرهای والدینشان وارد می‌شوند. این جوجه‌ها هیچ شناختی از اقیانوس ندارند، اما می‌دانند باید به‌سوی DMS حرکت کنند. و حتی پس از آن‌که به روشنایی پا می‌گذارند و آشیانه‌های تنگ و خفقان‌آور خود را با گستره‌ی بی‌کران آسمان عوض می‌کنند، بوها همچنان قطب‌نمای آن‌ها باقی می‌مانند. آن‌ها هزاران کیلومتر پرواز می‌کنند و به دنبال انبوهه‌های پراکنده‌ی بو می‌گردند که حضور کریل‌ها را در زیر سطح آب فاش می‌کند. [۲۵]

اما بوها فقط زنگِ شام نیستند. در اقیانوس، آن‌ها دارای نقش تابلوهای راهنما هم هستند. ویژگی‌های زمین‌شناختی، مانند کوه‌ها یا شیب‌های کف دریا،

بر میزان مواد مغذی موجود در آب اثر می‌گذارند و این به نوبه‌ی خود بر غلظت پلانکتون، کریل و DMS هم تأثیر می‌گذارد. چشم‌اندازهای بویایی‌ای که پرندگان دریایی دنبال می‌کنند، پیوند تنگاتنگی با چشم‌اندازهای واقعی دارد؛ از این رو به‌طرز شگفت‌انگیزی قابل پیش‌بینی‌اند. نِویت گمان می‌کند پرندگان دریایی به‌مرور زمان نقشه‌ای از این ویژگی‌ها می‌سازند؛ آن‌ها با استفاده از بینی خود یاد می‌گیرند غنی‌ترین مناطق تغذیه کجاست و لانه‌های خود را کجا بسازند.

آزمودن این ایده کاریست دشوار. اما آنا گاگلیاردو شواهد قانع‌کننده‌ای برای آن یافت. او چند کبوتر دریائی کُری(Cory)، نوعی پرنده بینی لوله‌ای را به مکان‌هایی در حدود ۵۰۰ مایل دورتر از محل زندگی کلونی‌شان منتقل کرد و با شست‌وشوی بینی، به‌طور موقت حس بویایی آن‌ها را از کار انداخت. وقتی این پرندگان آزاد شدند، برای بازگشت به خانه دچار مشکل شدند و کاری که گبوترهای دریائی معمولی در چند روز انجام می‌دادند، برای آن‌ها هفته‌ها یا حتی ماه‌ها طول کشید. بدون بو، راه خود را گم کردند. بدون بو، اقیانوس نشانه‌هایش را از دست داد. همان‌گونه که آدام نیکلسون، نویسنده‌ی کتاب *The Seabird's Cry*، توصیف می‌کند: «آنچه برای ما پهنه‌ای از اقیانوسی بیکران، بی‌ویژگی و یکنواخت به نظر می‌رسد ، برای آن‌ها سرشار از تمایز و گوناگونی و نام و نشان است؛ چشم‌اندازی از دره‌ها و تپه‌ها و کوه‌ها، جائی کم، جائی بسیار، دشت‌هائی انباشته از بوها، مواج، دلپذیر، پر خطر، لکه لکه، گاه بسی وهمناک، اغلب پنهان

و همیشه در گذر، ولی دارای مکان‌هائی که زندگی و فرصت‌های بسیار در خود دارد.»

کبوترهای دریائی، سگ‌ها، فیل‌ها و مورچه‌ها همگی با اندام‌های متفاوتی بو را حس می‌کنند، اما همه آن‌ها با استفاده از یک جفت سوراخ بینی یا شاخک، بو را به‌صورت «استریو» دریافت می‌کنند. آن‌ها با مقایسه‌ی مولکول‌های بو که از این طرف و آن طرف می‌رسد، می‌توانند منبع بو را ردیابی کنند. حتی انسان‌ها هم قادر به این کار هستند: آزمایش دنبال‌کردن نخ که الکساندرا هورووِیتز از من خواست انجام دهم، وقتی یکی از سوراخ‌های بینی بسته بود، بسیار دشوارتر می‌شد. تشخیص جهت با یک جفت گیرنده آسان‌تر است و همین موضوع شکل متمایز یکی از بعیدترین اما مؤثرترین اندام‌های بویایی در طبیعت را توضیح می‌دهد—زبان دوشاخه‌ی مارها.

زبان مارها رنگ‌های مختلفی دارد. زبان بعضی مارها سرخ پر رنگ است، زبان بعضی مارها آبی کم رنگ یا حتی سیاه سیاه است. زبان مار وقتی بیرون می‌آید و باز می‌شود، ممکن است از سرِ خود مار هم بلندتر و پهن‌تر باشد. کِرت شوِنک دهه‌هاست شیفته‌ی آن‌هاست و اغلب می‌داند که در این علاقمندی تنهاست. در سال دوم دوره‌ی دکتری‌اش، در حالی که انتظار داشت به خاطر این فعالیت علمی اش مورد تشویق قرار بگیرد به همکلاسی اش گفت که روی چه

موضعی کار می‌کند. آن دانشجو (که امروز یک بوم‌شناس مشهور است) زد زیر خنده. شوِنک که هنوز هم کمی دلخور است، به من می‌گوید: «همین به‌تنهایی می‌توانست احساساتم را جریحه‌دار کند، اما طرف من کسی بود که روی کنه‌هایی مطالعه می‌کرد که در سوراخ‌های بینی مرغ‌های مگس‌خوار زندگی می‌کنند! کسی که کنه‌های بینی مرغ مگس‌خوار را بررسی می‌کرد، فکر می‌کرد کار من خنده‌دار است! به‌هر دلیلی، مردم زبان‌ها را خنده‌دار می‌دانند.»

شاید مطالعه‌ی اندام‌هایی که با لذت‌های جسمانی مانند سکس و غذا پیوند دارند، کار ناپسندی به‌نظر برسد. شاید عجیب باشد که چیزهایی را که از سر شوخی یا دهن‌کجی بیرون می‌آوریم، به‌طور جدی بررسی کنیم. یا شاید هم زبانِ دوشاخه به نمادی از شرارت و دورویی بدل شده است. هرچه که باشد، پژوهشگران جدی در طول زمان فرضیه‌های بسیار عجیبی درباره‌ی این‌که مارها چگونه از زبانشان استفاده می‌کنند، یا چرا زبانشان دوشاخه است، مطرح کرده‌اند. برخی آن را نیشی سمی توصیف کرده‌اند، برخی انبری برای گرفتن مگس، برخی اندامی لمسی شبیه دست‌ها، و حتی ابزاری برای تمیز کردن سوراخ‌های بینی. ارسطو پیشنهاد کرده بود که این دوشاخه‌بودن لذتی را که مار از غذایش می‌برد دو برابر می‌کند؛ اما زبان مار جوانه‌های چشایی ندارد و به‌خودیِ خود هیچ اطلاعات حسی‌ای منتقل نمی‌کند. در عوض، همان‌طور که دانشمندان سرانجام در دهه‌ی ۱۹۲۰ دریافتند، این زبان یک گردآورنده‌ی مواد شیمیایی است. وقتی

به بیرون می‌جهد، نوک‌هایش مولکول‌های بو را که روی زمین قرار دارند یا در هوا شناورند، به دام می‌اندازند. وقتی عقب می‌رود، بزاق این غنیمت شیمیایی را به درون جفتی از حفره‌ها—اندام وُمرونازال—می‌کشد که به مراکز بویایی مغز متصل‌اند. [۲۶] مار با کمک زبانش جهان را «بو» می‌کشد. هر حرکتِ زبان معادل یک دم و بازدم بویایی است. در واقع، نخستین کاری که یک مارِ تازه از تخم درآمده انجام می‌دهد، پیش از هر چیز، بیرون دادن زبانش است. شوِنک می‌گوید: «این خودش چیزی درباره‌ی تقدم و اولویت این حس به شما می‌گوید.»

یک مار بندچورابی نر با استفاده از زبانش می‌تواند یک مار ماده‌ی خزنده را دنبال کند و مسیر فرومون‌هایی را که او پشت سر گذاشته است، ردیابی نماید. با مقایسه‌ی آن‌چه ماده روی طرف‌های مختلف اشیایی که با فشار از روی آنها عبور کرده‌است، باقی گذاشته، او می‌تواند جهت حرکت او را تشخیص دهد. وقتی او را پیدا کرد، احتمالاً با تنها یک یا دو حرکت زبان می‌تواند اندازه و سلامت او را بسنجَد. او می‌تواند تمام این کارها را در تاریکی انجام دهد. یک نر حتی ممکن است فریب بخورد و با یک حوله‌ی کاغذی که با بوی ماده آغشته شده است، با جدیت جفت‌گیری کند. اما تمام این توانایی‌ها می‌توانست با یک زبان پهن و شبیه انسان هم به همان اندازه انجام شود. پس چرا مارها زبان دوشاخه دارند؟ شوِنک نتیجه گرفت که این دوشاخه‌بودن به مارها اجازه می‌دهد تا «بو» را ، با مقایسه‌ی ردهای شیمیایی در دو نقطه‌ی فضا به‌صورت استریو دریافت

کنند. اگر هر دو نوک فرومون‌های مسیر را تشخیص دهند، مار در مسیر خود باقی می‌ماند. اگر نوک راست چیزی را دریافت کند اما نوک چپ نه، مار به سمت راست منحرف می‌شود. اگر هیچ‌کدام چیزی پیدا نکنند، سر خود را از این سو به آن سو می‌چرخاند تا مسیر را دوباره بیابد. دوشاخه‌بودن زبان به مار اجازه می‌دهد که به‌طور دقیق کناره‌های مسیر را مشخص کند.

وقتی یک مار زنگی چوبی روی کف جنگل می‌خزد، زبانش جهان را هم به نقشه و هم به منوی غذا تبدیل می‌کند، مسیرهای درهم تنیده جوندگان فراری را آشکار می‌سازد و بوهای گونه‌های مختلف را تشخیص می‌دهد. در میان این مسیرهای درهم، می‌تواند رد شکارهای مورد علاقه‌اش را انتخاب کند و مکان‌هایی را بیابد که این ردها تازه و فراوان‌اند. مار نزدیک آنجا کمین می‌کند و حلقه می‌زند. وقتی یک جونده از کنار آن عبور می‌کند، مار چهار برابر سریع‌تر از پلک زدن یک انسان به سمت آن حمله می‌کند. به آن نیش می‌زند و سم خود را تزریق می‌کند. سم معمولاً مدتی طول می‌کشد تا اثر کند، و از آن‌جا که جوندگان دندان‌های تیز دارند، مار برای آن‌که خود آسیب نبیند، شکارش را رها می‌کند و اجازه می‌دهد فرار کند. چند دقیقه بعد، مار شروع به حرکت دادن زبانش می‌کند تا جای شکار اکنون مرده را پیدا کند. سم کمک می‌کند. زهر مار زنگی علاوه بر سم‌های کشنده، حاوی ترکیباتی به نام دیس‌اینگرین‌ها(متلاشی کننده‌ها) نیز هست که سمی نیستند، اما با بافت‌های جونده واکنش و بوهای

خاصی آزاد می‌کنند. مارها می‌توانند از این بوها برای تشخیص جوندگان مسموم از جوندگان سالم استفاده کنند و همچنین بفهمند که آن جونده توسط گونه‌ی خودشان مسموم شده یا توسط گونه‌های دیگر مارهای زنگی. آن‌ها حتی می‌توانند همان جانوری را که نیش زده‌اند دنبال کنند، زیرا در لحظه‌ی نیش زدن، فورا بوی قربانی را به‌خاطر می‌سپارند. شوِنک می‌گوید: «احتمالاً در آن اطراف بوهای چندین موش وجود دارد، اما آن‌ها می‌دانند کدام مسیر را دنبال کنند.»

مارها همچنین می‌توانند مسیر بوها را که باد به این‌طرف و آن‌طرف می‌برد، دنبال کنند. چاک اسمیت، یکی از دانشجویان سابق شوِنک، این موضوع را با کاشت فرستنده‌های رادیویی در مارهای کاپرهد و ردیابی حرکاتشان نشان داد. دو بار، او یک مار ماده را در طبیعت رها کرد و مشاهده کرد که مار دقیقاً در همان نقطه باقی ماند. لذا او نمی‌توانسته ردّی بویایی از خود به جا بگذارد، اما با این حال توانست نرهایی را که صدها متر دورتر و تصادفی به این‌طرف و آن‌طرف پرسه می‌زدند، جذب کند و ناگهان آن مارهای نر در یک خط مستقیم درست به سمت او خزیدند.

شوِنک حدس زد که راز آن‌ها در نحوه‌ی حرکت دادن زبانشان نهفته است. سوسمارها، گروهی که مارها از آن تکامل یافته‌اند، نیز با زبانشان بو می‌کشند و گاهی زبانشان دوشاخه است. اما وقتی سوسمارها زبانشان را بیرون

می‌آورند، معمولاً فقط یک بار حرکت می‌دهند. نوک زبانشان بیرون می‌آید، زمین را می‌خراشد و دوباره عقب می‌رود. مارها، بدون استثنا، بارها و با سرعت بالا زبانشان را حرکت می‌دهند و اغلب هرگز زمین را لمس نمی‌کنند. زبان آن‌ها در وسط خم می‌شود، گویی روی یک لولا حرکت می‌کند، و نوک آن ۱۰ تا ۲۰ بار در ثانیه قوس دایره‌ای وسیعی ترسیم می‌کنند. بیل رایرسون، دانشجوی دیگر شوِنک، این حرکات را با واداشتن مارها به حرکت دادن زبانشان در ابرهای نشاسته ذرت مورد تجزیه و تحلیل قرار داد. او ابرها را با نور لیزر روشن کرد و ذرات چرخان را با دوربین‌های سرعت بالا فیلمبرداری نمود. وقتی شوِنک آن تصاویر را دید، گفت: «مغزم نزدیک بود منفجر شود.»

مشخص شد که نوک‌های زبان در انتهای هر حرکت از هم باز و در میانه حرکت به هم نزدیک می‌شوند. این حرکت دو حلقه هوا به شکل دونات ایجاد می‌کند که به‌طور مداوم در جریان است و مولکول‌های بو را از سمت چپ و راست مار به داخل می‌کشد. گویی مار موقتاً دو پنکه‌ی بزرگ خلق می‌کند که بوها را از هر طرف می‌مکند و مولکول‌های پراکنده‌ی بو را روی نوک‌های زبان متمرکز می‌کنند. و از آن‌جا که بوها از چپ و راست وارد می‌شوند، زبان دوشاخه می‌تواند حتی هنگام حرکت در هوا نیز حس جهت را فراهم کند.

این سبک بوکشی از دو نظر غیرمعمول است. اول، این روش شامل زبان است، که به‌طور سنتی اندامی برای چشایی محسوب می‌شود، حسی که مارها به‌ندرت از آن استفاده می‌کنند، و دلیلش را بعداً توضیح خواهم داد. دوم، این روش شامل اندامی است که در بیشتر حیوانات دیگر یا اصلاً وجود ندارد یا دارای اهمیت ثانویه است. بسیاری از حیوانات مهره‌دار دو سیستم مجزا برای تشخیص بو دارند. سیستم اصلی شامل تمام ساختارها، گیرنده‌ها و نورون‌هایی است که در ابتدای این فصل در مورد سر سگ توضیح دادم. اندام وُمرونازال نقش دستیار را دارد؛ این اندام سلول‌های مخصوص حس بو، نورون‌های حسی خود و ارتباطات مستقلی با مغز دارد. معمولاً در داخل حفره‌ی بینی و درست بالای سقف دهان یافت می‌شود. اما سعی نکنید در خودتان به دنبال این اندام بگردید؛ به دلایلی، انسان‌ها در طول تکامل، اندام وُمرونازال خود را از دست دادند، همان‌طور که دیگر میمون‌ها(Apes)، نهنگ‌ها، پرندگان، کروکودیل‌ها و برخی خفاش‌ها نیز از آن محروم شدند.

بیشتر پستانداران، خزندگان و دوزیستان دیگر اندام وُمرونازال خود را حفظ کرده‌اند. وقتی یک فیل با خرطوم خود دیگری را لمس می‌کند و نوک پوشیده از فرومون را به دهان می‌برد، آن مولکول‌ها به سمت وُمرونازال هدایت می‌شوند. وقتی اسب‌ها یا گربه‌ها لب بالایی خود را عقب می‌کشند تا دندان‌هایشان نمایان شود، سوراخ‌های بینی خود را می‌بندند و مولکول‌های بو را

به وُمرونازال می‌فرستند. و وقتی مار زبانش را عقب می‌کشد و نوک‌های آن را بین کف و سقف دهان فشار می‌دهد، مولکول‌های جمع‌آوری‌شده به وُمرونازال منتقل می‌شوند. در مارها، این اندامِ دستیار، در واقع بازیگر اصلی است. بدون آن، مارهای گارترِ قادر نیستند مسیرها را دنبال کنند و از خوردن بازمی‌مانند، در حالی که مارهای زنگی حملات خود را نیمه کاره رها می‌کنند و شکار خود را نمی‌گیرند. این مارها هنوز می‌توانند مولکول‌های بو را از طریق سوراخ‌های بینی استنشاق کنند، اما به نظر نمی‌رسد که سیستم «اصلی» بویایی آن‌ها بتواند با آن اطلاعات کاری انجام دهد. این سیستم به نقش منفعل تنزل یافته و فقط به مغز اطلاع می‌دهد که چیزی جالب برای به حرکت درآوردن زبان و بررسی وجود دارد.

مارها غیرعادی‌اند، نه فقط به این دلیل که اندام وُمرونازالشان مهم است، بلکه به این دلیل که ما واقعاً می‌دانیم این اندام چه کاری انجام می‌دهد. در سایر حیوانات، این اندام همچنان معماست، هرچند ادعاهای قاطع بسیاری درباره‌ی آن مطرح می‌شود. [۲۸] در حال حاضر، کسی واقعاً نمی‌داند چرا برخی گونه‌ها دو سیستم جداگانه برای بویایی دارند. همچنین کاملاً روشن نیست که چرا بیشتر حیوانات یک حس شیمیایی متمایز دیگر هم دارند. منظورم حس چشایی است.

در هر ماه آوریل، «انجمن علوم حس شیمیائی» اجلاس سالانه‌ی خود را در فلوریدا برگزار می‌کند و طبق سنت، دانشمندانی که بویایی را مطالعه می‌کنند، در یک مسابقه پرحرارت با دانشمندانی که چشایی را بررسی می‌کنند، به رقابت می‌پردازند. لسلی ووشال، دانشمند بویایی، به من می‌گوید:« بویایی معمولاً برنده می‌شود، چون حوزه‌ی آن بسیار بزرگ‌تر است. نسبتش مثل چهار یا پنج به یک است.» چشایی (Gustation) هم مانند بویایی، ابزاری برای شناسایی مواد شیمیایی در محیط است. اما فراتر از این، این دو حس با یکدیگر فرق دارند. اگر بینی‌تان را کنار روغن وانیل ببرید، بوی خوشایندی استنشاق خواهید کرد؛ اما اگر همان روغن را روی زبان‌تان بریزید، احتمالاً با انزجار پس خواهید کشید.

بویایی و چشایی تفاوت‌های شگفت‌انگیز پیچیده‌ای با هم دارند. شاید منطقی باشد بگوییم حیوانات با بینی بو می‌کشند و با زبان مزه می‌کنند، اما مارها از زبانشان برای جمع‌آوری بو استفاده می‌کنند و حیواناتی دیگر (که کمی بعد با آن‌ها آشنا می‌شویم) با اعضای غیرمعمول بدن خود چیزها را می‌چشند. همچنین می‌توان استدلال کرد (و بسیاری از دانشمندان هم این کار را می‌کنند) که ما مولکول‌هایی را که در هوا پراکنده‌اند، بو می‌کشیم و آن‌هایی را که در حالت مایع یا جامد باقی می‌مانند، می‌چشیم. بویایی از فاصله کار می‌کند؛ چشایی از طریق تماس عمل می‌کند. قایل شدن به این تمایزها کار خوبی است، اما چند مشکل دارد. اول، گیرنده‌هایی که مسئول تشخیص بو هستند همیشه با یک لایه‌ی

نازک مایع پوشیده شده‌اند، بنابراین مولکول‌های بو باید ابتدا حل شوند تا شناسایی شوند. بنابراین بویایی- مانند چشایی- همیشه شامل یک مرحله‌ی مایع است و همیشه تماس نزدیک لازم دارد، حتی اگر بوها از دور رسیده باشند. دوم، همان‌طور که دیدیم، مورچه‌ها و حشرات دیگر می‌توانند از طریق تماس، بو را تشخیص دهند و با شاخک‌های خود فرومون‌هایی را جذب می‌کنند که برای رفتن به هوا بیش از حد سنگین‌اند. سوم، ماهی‌ها می‌توانند بو بکشند حتی اگر همه‌ی موادی که بو می‌کنند در آب حل شده باشند. برای موجوداتی که همواره در مایع غوطه‌ورند، تمایز بین چشایی و بویایی می‌تواند آن‌قدر گیج‌کننده باشد که یک عصب‌شناس به من گفته است: «من از فکر کردن درباره‌ی آن اجتناب می‌کنم.»

اما جان کاپریو، فیزیولوژیستی که ماهی‌گربه‌ای را مطالعه می‌کند، می‌گوید که تفاوت بین بویایی و چشایی نمی‌تواند واضح‌تر باشد. چشایی بازتابی و ذاتی است، در حالی که بویایی چنین نیست. [۲۹] از بدو تولد، ما از مواد تلخ دوری می‌کنیم و هرچند می‌توانیم یاد بگیریم که این واکنش‌ها را نادیده بگیریم و از طعم آبجو، قهوه یا شکلات تلخ لذت ببریم، اما واقعیت آن است که یک واکنش غریزی وجود دارد که باید سرکوب شود. کاپریو می‌گوید در مقابل، بوها «تا زمانی که آن‌ها را با تجربیات پیوند ندهید، فاقد معنا هستند.» نوزادان انسان تا زمانی که بزرگ‌تر نشده‌اند، از بوی عرق یا مدفوع منزجر نمی‌شوند. بزرگسالان

در خوشایند یا ناخوشایند بودن بوها تفاوت‌های زیادی با یکدیگر دارند، به‌طوری‌که وقتی ارتش ایالات متحده تلاش کرد برای مهار جمعیت یک بمب بد بو تولید کند، نتوانست بویی پیدا کند که برای تمام فرهنگ‌های سراسر جهان منزجرکننده باشد. حتی فرومون‌های حیوانات، که معمولاً تصور می‌شود واکنش‌های از پیش برنامه‌ریزی‌شده را تحریک می‌کنند، در اثرات خود انعطاف‌پذیری شگفت‌انگیزی دارند و می‌توان اثرات آن‌ها را از طریق تجربه به شکل دلخواه در آورد.

پس چشایی حس ساده‌تری است. همان‌طور که دیدیم، بویایی شامل مجموعه‌ای عملاً بی‌نهایت از مولکول‌ها با ویژگی‌هایی بی‌نهایت متنوع است که سیستم عصبی آن‌ها را از طریق یک کد ترکیبی آن‌چنان فوق‌العاده پیچیده نمایش می‌دهد که دانشمندان تازه شروع به رمزگشایی آن کرده‌اند. در مقابل، چشایی در انسان‌ها به پنج کیفیت اصلی محدود می‌شود—شور، شیرین، تلخ، ترش و اُمامی (لذیذ)—و شاید چند مورد دیگر در حیوانات دیگر، که از طریق تعداد اندکی گیرنده شناسایی می‌شوند. و بویایی می‌تواند برای کاربردهای پیچیده‌ای به کار رود- مانند یافتن مسیر در اقیانوس‌های بی‌کران، یافتن شکار و هماهنگی گله‌ها یا کلونی‌ها، لیکن چشایی تقریباً همیشه برای تصمیم‌گیری‌های دودویی (این یا آن) درباره‌ی غذا استفاده می‌شود. بله یا نه؟ خوب یا بد؟ بخور یا تف کن؟

طعنه‌آمیز است که ما حس چشایی را با ذوق‌شناسی، ظرافت و تمایزگذاری دقیق پیوند می‌دهیم، در حالی که این حس در واقع از خام‌ترین حواس به شمار می‌آید. حتی توانایی ما در چشیدن طعم تلخ ـــ که ما را از صدها ترکیب بالقوه‌ی سمی آگاه می‌کند ـــ اساساً برای تمایز گذاشتن میان آن‌ها ساخته نشده است. تنها یک حس تلخی وجود دارد، زیرا لازم نیست بدانید کدام ماده‌ی تلخ را می‌چشید—فقط باید بدانید که باید چشیدن آن را متوقف کنید. چشایی عمدتاً یک بررسی نهایی پیش از مصرف است: آیا باید این را بخورم؟ به همین دلیل است که مارها تقریباً به چشایی توجهی ندارند. با زبان‌های در حال جنبش خود، آن‌ها می‌توانند پیش از آن‌که دهانشان با آن تماس پیدا کند، از طریق بویایی تصمیم بگیرند که آیا آن چیز ارزش خوردن دارد یا نه. [۳۰] تقریباً هیچ‌گاه پیش نمی‌آید که مار حیوانی را شکار کند و سپس آن را تف کند. (ما معمولاً به اشتباه چشایی را با طعم برابر می‌دانیم، در حالی که طعم بیشتر تحت تأثیر بویایی است. به همین دلیل است که وقتی سرما خورده‌اید، غذا بی‌مزه به نظر می‌رسد: طعم آن همان است، اما به‌دلیل این‌که نمی‌توانید بو را حس کنید، طعم واقعی کاهش یافته است.)

خزندگان، پرندگان و پستانداران با زبان خود می‌چشند. اما دیگر حیوانات این محدودیت را ندارند. اگر شما موجودی خیلی کوچک باشید، غذا آن چیزی نیست که بتوانید در دهان بگذارید، بلکه چیزی است که می‌توانید روی آن راه

بروید. به همین دلیل، بیشتر حشرات می‌توانند با دست و پاهای خود بچشند. زنبورها می‌توانند تنها با ایستادن روی یک گل، شیرینی شهد آن را تشخیص دهند. مگس‌ها می‌توانند با نشستن روی سیبی که در حال خوردن آن هستید، آن را بچشند. زنبورهای انگل می‌توانند از حسگرهای چشایی روی نوک نیش خود استفاده کنند تا تخم‌هایشان را به‌طور دقیق در بدن حشرات دیگر قرار دهند. یک گونه حتی می‌تواند تفاوت بین میزبان‌هایی که قبلاً توسط زنبورهای دیگر آلوده شده‌اند و آن‌هایی که در حال حاضر خالی‌اند را تشخیص دهد. [۳۱]

اگر یک پشه روی بازوی انسان بنشیند، «این یک لذت حسی برای اوست». لسلی ووشال ادامه می‌دهد: «پوست انسان مزه‌ای دارد که به آن‌ها اطمینان می‌دهد به جای درست رسیده‌اند.» اما اگر آن بازو با ماده‌ای تلخ مانند DEET پوشیده شده باشد، گیرنده‌های پای پشه اورا مجبور می‌کنند قبل از اینکه فرصت نیش زدن بیابد، پرواز کند. ووشال ویدیوهایی دارد که در آن‌ها پشه روی یک دستکش می‌نشیند و به سمت تکه‌ای کوچک از پوست بدون پوشش اما پوشیده از DEET حرکت می‌کند. پایش پوست را لمس می‌کند و بلافاصله پا پس می‌کشد. دوری می‌زند، دوباره امتحان می‌کند و دوباره عقب می‌رود. «این صحنه‌ای است تأثیرگذار»، او در حالی که نوعی همدلی عجیب با پشه نشان می‌دهد، به من می‌گوید. «چنین صحنه‌ای بسیار افسونگرانه هم هست. ما اصلا نمی توانیم تصور کنیم که چشیدن با سرانگشتمان چه حسی خواهد داشت.» حشرات می‌توانند با

دیگر بخش‌های بدنشان نیز بچشند، و این باعث می‌شود کاربردهای این حس دارای محدودیت، گستردگی بیش از معمول پیدا کند. برخی می‌توانند با استفاده از گیرنده‌های چشایی روی مجراهای تخم‌گذاری خود مکان‌های مناسب برای گذاشتن تخم‌ها را پیدا کنند. برخی روی بال‌های خود گیرنده‌های چشایی دارند که ممکن است آن‌ها را نسبت به ردپای غذا هنگام پرواز آگاه کند. مگس‌ها وقتی طعم حضور باکتری را روی بال‌های خود حس کنند، شروع به نظافت خود می‌کنند. حتی مگس‌های بدون سر نیز این کار را انجام می‌دهند.

گسترده‌ترین پهنه حس چشایی در طبیعت بدون شک متعلق به گربه‌ماهی است. این ماهی مثل یک زبان شناور است. آن‌ها در سراسر بدن بدون فلس خود، از نوک شاخک‌های شبیه سبیل گرفته تا دم‌شان، دارای جوانه‌های چشایی‌اند. به سختی می‌توان جایی از گربه‌ماهی را پیدا کرد که بدون هزاران جوانه‌ی چشایی باشد. اگر به بدن یکی از آن‌ها لیس بزنید، مثل آن است که هردو دارید همزمان همدیگر را می‌چشید. [۳۲] جان کاپریو به من می‌گوید «اگر من یک گربه ماهی بودم، خیلی دلم می‌خواست بپرم درون یک وان پر از شکلات،...می‌توانستید با پشت خود همه آن را بچشید.» گربه‌ماهی‌ها با داشتن جوانه‌های چشایی در سراسر بدن خود، چشایی را به یک حس هزار جهته تبدیل کرده‌اند—اگرچه باز هم از آن برای ارزیابی غذا استفاده می‌شود. آن‌ها گوشت می‌خورند، و اگر یک تکه گوشت را در هر جایی از بدنشان قرار دهید (یا آب اطرافشان را با آب گوشت

مخلوط کنید)، به سمت محل مناسب می‌چرخند و به آن گاز می‌زنند. آن‌ها به اسیدهای آمینه، واحد ساختمانی پروتئین‌ها و گوشت، فوق‌العاده حساسند. [۳۳] با این حال، در یافتن قندها کارائی چند خوبی ندارند: متأسفانه برای کاپریو، خیال پردازی شکلاتی‌اش چندان رضایت‌بخش نخواهد بود!

این ناتوانی در حس کردن قند و سایر طعم‌های کلاسیک به‌طور شگفت‌انگیزی رایج است و این ناتوانی بسته به رژیم غذایی حیوان متفاوت است. گربه‌ها، کفتارهای خال‌دار و بسیاری از پستانداران دیگر که فقط گوشت می‌خورند، نیز قادر به درک طعم شیرین نیستند. خفاش‌های خون‌آشام، که تنها خون می‌نوشند، نیز توانایی چشیدن شیرینی و اُمامی را از دست داده‌اند. پانداها هم نیازی به حس کردن طعم اُمامی ندارند، زیرا تنها بامبو می‌خورند، اما ژن‌های مربوط به درک طعم تلخ آن‌ها توسعه یافته تا آن‌ها را از هزاران ترکیب بالقوه سمی در لقمه‌ی غذاهایشان آگاه کند. [۳٤] سایر جانوران اختصاصا برگ‌خوار، مانند کوآلاها، نیز صاحب تعداد گیرنده‌های تلخی بیشتری شده‌اند، در حالی که پستاندارانی که شکار خود را کامل می‌بلعند، از جمله شیرهای دریایی و دلفین‌ها، بیشترِ گیرنده‌های تلخی خود را از دست داده‌اند. محیط‌های چشایی (Umwelten) حیوانات در گونه‌های بسیار به نحوی قابل پیش‌بینی گسترده یا محدود شده تا با غذاهایی که بیشتر در دسترس‌شان قرار می‌گیرد، سازگار شوند. و گاهی این تغییرات حتی سرنوشت آن‌ها را نیز دگرگون کرده است.

دایناسورهای شکارچی کوچک، همانند گربه‌ها و دیگر گوشت‌خواران مدرن، احتمالاً توانایی چشیدن شیرینی را از دست داده بودند. آن‌ها این ذائقه محدود خود را به نسل بلافصل خود، یعنی پرندگان، منتقل کردند؛ بسیاری از پرندگان، هنوز هم حس شیرینی ندارند. پرندگان آوازخوان- این گروهِ دارای توانایی بالای آوازخوانی و بسیار موفق که شامل شانه‌سرخ‌ها، جِی‌ها، کاردینال‌ها، سینه‌سرخ‌ها، گنجشک‌ها، فینچ‌ها و سارها می‌شوند—یک استثنا هستند. در سال ۲۰۱٤، زیست‌شناس تکاملی مِوِد بالدوین نشان داد که برخی از پرندگان آوازخوان نخستین دوباره توانایی حس چشیدن شیرینی خود را به دست آوردند، با دگرگون کردن یک گیرنده‌ی چشایی که معمولاً اُمامی را حس می‌کرد، به گیرنده‌ای که همچنین شیرینی را هم حس می‌کند. این تغییر در استرالیا رخ داد، سرزمینی که گیاهانش چنان توانا در تولید مقدار زیادی قند هستند که گل‌هایش سرشار از شهد است و درختان اکالیپتوس شربتی از پوست خود ترشح می‌کنند. شاید این منابع فراوان انرژی به پرندگان آوازخوان شیرینی دوست اجازه داده باشد که در استرالیا موفق به زندگی و زاد و ولد شوند، مهاجرت‌های طولانی به سایر قاره‌ها را تحمل کنند، گل‌های غنی از شهد را در هر جایی که رسیدند پیدا کنند و به یک دودمان عظیم تبدیل شوند که اکنون شامل نیمی از گونه‌های پرندگان جهان است. این داستان اثبات نشده‌است، اما با این حال جذاب است. شاید اگر میلیون‌ها سال پیش یک پرنده‌ی استرالیایی تصادفاً محیط چشایی

(Umwelt)خود را گسترش نداده بود، هیچ‌کدام از ما امروز با آواز دلنشین پرندگان از خواب بیدار نمی‌شدیم. [۳۵]

می‌توان حس‌ها را بر اساس محرک‌هایی که شناسایی می‌کنند به گروه‌های مختلف تقسیم کرد. بویایی، نوع وومرونزال آن و چشایی، حس‌های شیمیایی اند که وجود مولکول‌ها را تشخیص می‌دهند. این حس‌ها باستانی اند، در سرتاسر جانوران می‌توان آن‌ها را مشاهده کرد و به نظر می‌رسد از سایر حس ها مجزا هستند. تا حدی به همین دلیل است که من آن‌ها را به‌عنوان اولین ایستگاه در مسیر سفرمان انتخاب کردم. اما این حس‌ها کاملاً مستقل نیستند. با نگاه دقیق‌تر، آن‌ها در یک جنبه غیرمنتظره، لااقل با یک حس دیگر زمینه‌ی مشترک دارند.

در ابتدای این فصل دیدیم که سگ‌ها و دیگر حیوانات بوی‌ها را با استفاده از پروتئین‌هایی به نام گیرنده‌های بو (Odorant Receptors) شناسایی می‌کنند. این پروتئین‌ها بخشی از گروه بزرگ‌تری از پروتئین‌ها هستند که گیرنده‌های هم-بسته با پروتئین **G** یا **GPCR** نامیده می‌شوند. نام پیچیده آن‌ها را نادیده بگیرید؛ مهم نیست. چیزی که اهمیت دارد این است که آن‌ها حسگرهای شیمیایی‌اند. آن‌ها روی سطح سلول‌ها قرار دارند و مولکول‌های ویژه‌ای عبوری از کنار خود را می‌گیرند. با عملکرد آن‌هاشت که سلول‌ها می‌توانند مواد اطراف خود را تشخیص و نسبت به آن‌ها واکنش نشان بدهند. این واکنش فرآیندی موقتی است:

کارGPCR ها که تمام شد، یا مولکول‌هایی را که گرفته‌اند یا آزاد می‌کنند یا از بین می‌برند. اما یک گروه از آن‌ها این قائده را نقض می‌کند: نام این آپسین‌ها (Opsin) است. آن‌ها خصیصه‌های ویژه‌ای دارند: اول آن‌که مولکول‌هائی را که گرفته‌اند،نگه می‌دارند، دوم آن‌که این مولکول‌ها نور را جذب می‌کنند. و بنیان اصلی بینائی هم همین است. این همان روشی است که همه‌ی جانوران با آن می‌بینند؛ با استفاده از پروتئین‌های حساس به نور که در واقع حسگرهای شیمیایی تغییر شکل یافته‌اند.

به نوعی، ما با «بو کردن نور» می‌بینیم.

یادداشت‌ها

۱ در اصطلاح رسمی، «مولکول بو (Odorant)» خود مولکول است و «بو» احساسی است که همان مولکول ایجاد می‌کند؛ به‌عنوان مثال، ایزوآمیل استات (**Isoamyl acetate**) یک مولکول بو است که بوی موز دارد.

۲ این تصادفی نیست که من جذب چشمان فین شده‌ام. سگ‌ها عضله‌ای در صورت دارند که می‌تواند ابروهای داخلی‌شان را بالا ببرد و به آن‌ها حالتی پرمعنا و دلنشین بدهد. این عضله در گرگ‌ها وجود ندارد. ماحصل قرن‌ها اهلی‌سازی است، در طی آن چهره‌ی سگ‌ها غیرمستقیم کمی شبیه چهره‌ی

انسان‌ها شد. اکنون راحت‌تر می‌توان این چهره‌ها را خواند و بهتر ما را به مراقبت از سگ‌ها برمی‌انگیزاند.

۳ من عمداً از آوردن اعداد دقیق در مورد میزان این تفاوت‌ها خودداری کرده‌ام. یافتن تخمین‌هائی در این باره آسان است، ولی یافتن منابع دت اول بسیار دشوار است؛ پس از یک جستجوی چندساعته مقاله‌ای علمی پیدا کردم که یکی از مرجع‌هایش نکته‌ای بود که از کتاب عامه فهم سری « For Dummies» برداشته بود. وارد خلاء وجودی شدم و درباره‌ی ماهیت دانش به تردید افتادم. با این حال، تفاوت‌ها وجود دارند و اندازه‌شان هم قابل توجه‌است؛ فقط سوال این است که دقیقاً چقدر قابل توجه‌اند

٤ در یک مطالعه، دو سگ توانستند ایزوآمیل استات (یعنی بوی موز) را در تنها ۱ یا ۲ قسمت در تریلیون تشخیص دهند، که نشان می‌داد آن‌ها را ۱۰،۰۰۰ تا ۱۰۰،۰۰۰ برابر بهتر از انسان‌ها عمل می کنند. اما این همچنین آن‌ها را ۳۰ تا ۲۰،۰۰۰ بار بهتر از شش بیگل می‌کرد که ۲٦ سال قبل با همان ماده، ولی با روش‌های متفاوت آزمایش شده بودند.

٥ به یک استثناء می‌توانم فکر کنم: برخی کرم‌های دریایی «بمب‌های» درخشان رها می‌کنند که پر از مواد شیمیایی نورافشان است و نور پردوام آن شکارچیان کرم‌های در حال فرار را منحرف می‌کند.

٦ درار پلنگ بویی شبیه پاپ‌کورن دارد. مورچه‌های زرد بوی لیمو می‌دهند. بنا بر گزارش دانشمندانی که با زحمتی مثال‌زدنی بوی ۱۳۱ گونه قورباغه

را استشمام کردند و برای این تلاششان جایزه ایگ‌نوبل گرفتند، قورباغه‌های تحت استرس ـ بسته به گونه‌شان ـ ممکن است بویی شبیه کره بادام‌زمینی، کاری یا بادام هندی بدهند. پافینک‌های کاکل‌دار — پرندگان دریایی بامزه‌ای با سرهای کاکل‌دار — در کلونی‌های عظیم آشیانه می‌کنند که، به‌طرزی دلپذیر، بوی نارنگی می‌دهد.

جایزه‌ی ایگ‌نوبل، جایزه‌ای طنزآمیز است که هر سال به پژوهش‌های علمیِ غیرمعمولی داده می‌شود که در نگاه نخست خنده‌دار به نظر می‌رسند، اما در نهایت تأمل‌برانگیزند.

۷ یک استثناء احتمالی **Puff adder** است که ماری زهری آفریقایی است. این مار هفته‌ها در جائی کمین می‌کند و با نگاه به پیرامون خود از خویشتن مواظبت می‌کند. اما به‌نظر می‌رسد که به‌نحوی از مواد شمیایی هم کمک می گیرد. در ۲۰۱۵، آشادی کِی میلر دریافت که حیواناتی که بینی حساسی دارند، از جمله سگ‌ها، مانگوزها و میرکات‌ها، حتی وقتی از روی آن‌ها راه می‌روند، نمی‌توانند **puff adder** را تشخیص دهند. سگ‌ها می‌توانند بوی پوست ریخته شده آن‌ها را تشخیص دهند، اما به دلایلی که کسی نمی‌داند، مارهای زنده برای بینی آن‌ها غیرقابل تشخیص هستند.

۸ دانشمندان هم دچار این نوع اشتباهات می‌شوند. وقتی هورورویتز تمام مطالعات رفتار سگ‌ها منتشرشده در دهه گذشته را بررسی کرد، دریافت که تنها ٤٪ آن‌ها روی بویایی تمرکز داشته‌اند. فقط ۱۷٪ آزمایش‌های

انجام شده در باره «محیط بو» ، از جمله در باره جریان هوا، دما، رطوبت یا حضور قبلی افراد یا غذا، مطالبی نوشته بودند. مثل آن است که پژوهشگران مسائل بینایی یادشان برود روشن بودن چراغ‌های آزمایشگاه را ذکر کنند.

۹ در مراسم اسکار ۲۰۲۱، یک خبرنگار از بازیگر کره‌ای یوه-جونگ یون پرسید که برد پیت چه بویی دارد. یون پاسخ داد: «من او را بو نکردم! من سگ نیستم.»

۱۰ حتی ممکن است برای بویایی وجود پیاز بویایی لازم نباشد. در ۲۰۱۹، تالی وایس چند زن را شناسایی کرد که به نظر می‌رسد این ساختار را ندارند و با این حال بو را کاملاً حس می‌کنند. اینکه چگونه این کار را می‌کنند، هنوز کسی نمی‌داند.

۱۱ بینتورونگ موجودی سیاه، پشمالو و ۲ متری است که جانوری است شبیه ترکیبی از گربه، راسو و خرس است. به آن «خرس‌گربه» هم می‌گویند و در کتاب اول من، "من آکنده از گونه گونه‌های بسیارم"، نقش برجسته‌ای دارد.

۱۲ اگر واقعاً بینی‌تان را بالای مقداری بنزآلدهید نگرفته باشید، نمی‌توانید حدس بزنید که بوی بادام می‌دهد. اگر شکل فورمول دی‌متیل سولفید را به‌صورت ترسیمی روی کاغذ ببینید، نمی‌توانید پیش‌بینی کنید که رایحه‌ای شبیه بوی دریا دارد. حتی مولکول‌های مشابه هم می‌توانند بوهایی به‌شدت متفاوت ایجاد کنند. هپتانول، با زنجیره‌ای متشکل از هفت اتم کربن، بوی سبزینه و

برگ‌مانند دارد. اگر یک اتم کربن دیگر به این زنجیره اضافه کنید، به اوکتانول می‌رسید که بویی نزدیک‌تر به مرکبات دارد. کاروون در دو شکل وجود دارد که دقیقاً از اتم‌های یکسانی ساخته شده‌اند اما تصویر آینه‌ای یکدیگرند: یکی بوی دانه‌های زیره می‌دهد و دیگری بوی نعناع. مخلوط‌ها حتی گیج‌کننده‌ترند. وقتی با هم ترکیب می‌شوند، بعضی جفت‌های بو همچنان متمایز باقی می‌مانند، در حالی که بعضی دیگر بوی سومی ایجاد می‌کنند که با هیچ‌یک از دو بوی «والد» شباهت ندارد. در همین حال، عطرهایی که صدها ماده‌ی شیمیایی دارند، پیچیده‌تر از تک‌تک بوها به نظر نمی‌رسند و مردم معمولاً در نام بردن از بیش از سه ترکیب در یک آمیخته ناتوان‌اند. نوآم سوبل، عصب‌زیست‌شناسی که بویایی را مطالعه می‌کند، بیش از هر کس دیگری با این پیچیدگیها دست و پنجه نرم کرده‌است. هنگام نگارش این کتاب، او و گروهش معیاری را توسعه دادند که ۲۱ ویژگی مولکول‌های بوآفرین را تحلیل و آن‌ها را در یک عدد واحد جمعبندی می کند. هرچه این سنجه‌ی بو برای دو مولکول به هم نزدیک‌تر باشد، بوهای آن‌ها مشابه‌تر است. این روش دقیقاً پیش‌بینی بو از روی ساختار نیست، اما بهترین جایگزین آن است: پیش‌بینی بو بر اساس شباهت به بوهای دیگر است.

۱۳ نام‌گذاری کمی گمراه کننده است. در زیست‌شناسی حسی، «گیرنده» معمولاً به «سلول حسی» اشاره دارد، مثل گیرنده نور یا گیرنده شیمیایی. در اینجا،

منظور از گیرنده‌های بو، پروتئین‌هایی است که روی سطح سلول‌ها قرار دارند.

۱۴ نظریه‌ای بسیار مشهور که می‌گوید بوها در ارتعاش مولکول‌ها رمزگذاری شده‌اند، به‌طور کامل رد شده است.

۱۵ احتمالا فرومون‌های انسانی هم وجود دارد، ولی پیدا کردن‌شان کاریست دشوار. دانشمندان در جانوران معمولا به دنبال رفتارهای کلیشه‌ای یا واکنش‌های فیزیولوژیکی هستند که واکنش آن ها به فرومونها را نشان می‌دهد؛ مثل جمع کردن لب‌ها، تکان دادن شاخک‌ها، یا بالارفتن تستوسترون. رفتار انسان‌ها آنچنان متنوع و پیچیده است که تنها اندکی از کارهای ما جزء این مقوله قرار می‌گیرد. برخی از پژوهشگران زمانی ادعا کردند زنان سیکل قاعدگی خود را از طریق فرومونی ناشناخته با یکدیگر هماهنگ می‌کنند، لیکن خود این هماهنگی یک افسانه است. دیگران اکنون فکر می‌کنند پستان فرمونی رها می‌کند که نوزاد را به مکیدن تشویق می‌کند، ولی در این مورد هم هیچ ماده شیمیائی نیافته‌اند.

۱۶ در سپتامبر ۲۰۲۰، نوشتم که مارپیچ مرگ مورچه‌های ارتشی استعاره‌ی کاملی از واکنش آمریکا به پاندمی کووید-۱۹ است: «این مورچه‌ها هیچ تصویری بزرگ‌تر از آن‌چه بلافاصله در جلوی روی‌شان قرار دارد، نمی‌بینند. هیچ نیروئی وجود ندارد که آن‌ها را سالم از آن مسیر بگذراند. آنان اسیر حصار غریزه خود هستند.»

۱۷ تذکری محتاطانه. کار خطرناکی است که توانایی‌های حسی حیوانات را از روی تعداد ژن‌های مربوطه ارزیابی کنیم. ژن‌های گیرنده‌های بویایی سگ ها دوبرابر ژن‌های بویایی انسان است؛ و این بدان معنا نیست که بویائی سگ‌ها دوبرابر بهتر از بویائی انسان‌ها است.

۱۸ قبلا هم دانشمندی در این باره سخن گفته بود. آگوست فورل دانشمند سویسی در ۱۸۷٤ نشان داد که شاخک های مورچه عضد اصلی بویائی آن‌هاست. آگر آن انتنها را جدا کنند، موچهها دگر نمی تواند لانه بسازند، از نوزادن خود مراقبت کنند، یا به مورچه‌های آمده از کلنی‌های دیگر حمله کنند.

۱۹ هورورویتز فکر می‌کند سگ‌ها ممکن است انگیزه‌ای نداشته‌اند.

۲۰ می‌دانیم فیل‌ها در جوامع مادرسالار زندگی می‌کنند؛ رهبر آن‌ها فیلی ماده است. و چه خوب است که مطالعه حس‌های فیل‌ها هم توسط زنان دانشمند انجام می‌شود: بتس راسموسن در مورد بویائی، کاتی پاین، جویس پول، و سیانتیا موس در مورد شنوائی، و کایتلین او کانل در مورد برای حس ارتعاش. در فصل‌های دیگر با همه این دانشمندان آشنا می شویم.

۲۱ آرتور هاسلر در دهه ۱۹۵۰ از روی بازگشت حس بویائی خودش، وجود این توانایی را ثابت کرد. او هنگام گردش در نزدیک آبشار، همان بوی آشنایی را استشمام کرد که مدت‌ها قبل در خاطره دوران کودکی‌اش

مدفون شده بود، و با خود اندیشید که نکند ماهی‌های سالمون مهاجر هم چیزی شبیه آن تجربه می‌کنند.

۲۲ کنت استاکر، پرنده شناس، روایت‌های بسیار بهتری از مطالعات ادوبان ارائه کرد و نشان داد که کرکس‌های بوقلمونی در واقع قادرند بوی لاشه‌های پنهان را ردیابی کنند. او همچنین دریافت که شرکت‌های نفتی برای یافتن نشدی لوله‌ها، اتیل مرکاپتان به نفت اضافه می کنند. اتیل مرکاپتان گازی است که بوی گاز روده و فساد لاشه می‌دهد. این شرکت‌ها چرخ زدن کرکس‌ها را در آسمان رصد می‌کنند. استاگر از آن ایده الهام گرفت و خود مطالعه‌ای طراحی کرد و مخزن‌های حاوی مرکاپتان را در مکان‌های مختلفی در کالیفرنیا قرارداد. هرجا که این مخزن‌ها بودند. کرکس ها هم پیدایشان شد. گفته آدوبان غلظ بود. کرکس های بوقلمونی نه تنها می‌توانستند بو بکشند، بلکه قدرت بویایی‌شان آن‌قدر قوی بود که می‌توانستند از کیلومترها دورتر بوهای بسیار ضعیف را پیدا کنند.

۲۳ پرندگان از همان دیناسورهای شکارچی کوچکی تکامل یافته‌اند که شامل جانور سرشناسی نظیر ولوسیراپتور هم می‌شود. دارلا زلنیستکی دیرین شناس، جمجه این جانوران را اسکن کرد و نشان داد که همانند عموزاده-های بزرگترشان، نظیر تیرانوسوروس، نسبت به اندازه بدن خود، پیاز بویائی بزرگی دارند. این دیناسورها محتملاً از حس بویائی برای شکار استفاده می‌کردند. وپرندگان وارثان مدرن آن اوم‌ولت باستانی‌اند.

۲٤ پرندگان بینی لوله‌ای تنها پرندگانی نیستند که DMS را ردیابی می‌کنند. پنگوئن‌ها، ماهیان صخره‌ای و لاک‌پشت‌های دریایی هم می‌توانند این ماده شیمیائی را درک کنند و همگی به سوی آن کشیده می‌شوند.

۲۵ ردیابی چنین انبوهه‌هائی از بوها سخت‌تر از تعقیب در خط مستقیم جلوی چشم است. بهترین انتخاب برای پرنده آن است که بدون محاسبه قبلی از میان باد پرواز کند تا شانس بیشتری برای برخورد با بوهای سرگردان داشته باشد. سپس به‌طور زیگزاک در خلاف جهت باد به پیش برود.. این همان کاری است که شب‌پره‌های نر مسیر فرمون‌های رهاشده از شب‌پره‌های ماده را پیدا می‌کنند. و این همان کاری است که آلباتروس‌ها برای یافتن شکار خود انجام می‌دهند. هنری ویمیرسکریچ روی بال آلباتروس‌ها دستگاه **GPS** نصب کرد تا چرخ‌زدنشان را در آسمان ردیابی کند و از روی دمای معده- شان زمان غذاخودنشان را بفهمد. گابریل نویت با تجزیه و تحلیل آن داده‌ها نشان داد که این پرنده برای ردیابی بو در مسیر زیگزاک پرواز می‌کند تا لااقل به نیمی از غذا دست پیدا کند.

۲٦ مدت‌های طولانی پژوهشگران فکر می‌کردند زبان مار، مولکول‌ها را از طریق دو سوراخ در سقف دهان به ارگان وومرونازال می‌برد (آن را ارگان جاکوبسون هم می‌نامند). این افسانه‌ای بیش نیست. فیلم‌هائی که با استفاده از پرتو **x** گرفته اند، نشان می‌دهد که چنین اتفاقی نمی‌افتد، زبان تنها به به

سقف دهان چسبانده می‌شود. لیکن علی‌رغم زحمات ماندگار شونک، این فکر غلط هنوز باقی مانده و وارد کتاب‌های درسی شده است

۲۷ روبون کلارک که در فصل‌های بعدی با او اشنا خواهیم شد، نشان داد که مارهای زندگی بی‌تجربه‌ی متولد آزمایشگاه هم می‌توانند بوی شکارهای مورد علاقه خود نظیر سنجابچه و موش پاسفید را ار موش‌های نااشنا آزمایشگاهی تمیز بدهند. این دانشمند هم‌چنین متوجه شد که مارهای بوآی قرمز، نسبتا شرورانه مخصوصا به طرف موش ماده‌ای که بچه‌های خردسال دارند، کشیده می‌شوند.

۲۸ اغلب در باره ارگان وومرونازال افسانه پردازی می‌کنند و می‌گویند ارگانی است ویژه یافتن فرومون‌ها؛ لیکن این گفته درست نیست، به سایر مولکول‌های بو هم واکنش نشان می‌دهد، و دستگاه بویائی اصلی هم قادر به دریافت فرومون‌ها هست.. ممکن است مولکول‌های بزرگی را پیدا کند که به خاطر سنگینی‌شان قابل بردن از راه مجرا تنفس به دستگاه بویائی اصلی نیستند، ولی این فرضیه به‌قدر کافی مورد آزمایش قرار نگرفته است. ممکن است واکنش‌های غریزی بوها را تحت کنترل داشته باشد و دستگاه بویائی اصلی آن واکنش هائی کنترل کند که حیوان از راه تجربه آن‌ها را می‌آموزد. این فرضیه هم مورد ازمایش همه جانبه‌ای قرار نگرفته است.

۲۹ این دو حس دارای گیرنده‌های متفاوت و نورون‌های مختلفی هستند، و با بخش‌های مختلف مغز ارتباط دارند. در مهره‌داران دستگاه چشائی عمدتا به

مغز خلفی که وظایف حیاتی بنیادی را تحت کنترل خود دارد، وصل می-شود. دستگاه بویائی به مغر قدامی وصل است؛ مغز قدامی توانائی‌های پیشرفته‌تر، نظیر یادگیری را کنترل می‌کند.

۳۰ شونک می‌گوید مارها گاه و بیگاه غذای پرحجمی می‌خورند. به همین دلیل به دنبال شکارهای بزرگ هستند. پس از خوردن ان دستگاههای درونی خودرا برای هضم این غذا حجیم دگرگونه می‌کنند. مار فیتون که خوک یا گوزنی را می‌بلعد، اندازه معده و روده و کبدش دو برابر می‌شودو اندازه قلبش هم چهل درصد بزرگ می شود؛ همه این تغییرات در عرض چند روز رخ می‌دهد. برای هر یک از این وعده غذاها باید مقدار زیادی انرژی صرف کنند و هرچه زودتر باید تصمیم بگیرند که آیا خوردن آن به هزینه‌اش می‌ارزد.

۳۱ نیش زنبورهای انگلی شبیه چاقوی نظامی چندکاره است. علاوه بر حسگرهای چشائی، دارای حسگرهای بویائی، حسگرهای للامسه، و قطعات فلزی هم میتواند باشد. نیش آنها هم مته است، هم بینی، هم زبان و هم دست.

۳۲ بعضی گربه‌ماهی‌ها دارای تیغ‌های سمی هستند، برخی دیگر الکتریسیته تولید میکنند (در ای باره در فصل بعدی صحبت می شود.). مسائل حمایت از حیوانات به کنار، جدا توصیه می‌کنم به این ماهی‌ها لیس نزنید، مگراین‌که بخشی از آزمایش تحقیقاتی حساب شده شما باشد.

۳۳ اسیدهای آمینه در طبیعت به دو شکل وجود دارند؛ تصویر آئینه‌ای یکدیگرند: شکل **L** و **D** نامیده می‌شوند. طبیعت در اساس بر شکل **L** متکی است. شکل **D** در جانوران به‌نحوی باورنکردنی نادر است. کاپریو که در میانه دهه ۱۹۵۰ گربه‌ماهی سرسخت دریائی را مورد بررسی داد، وقتی فهمید تقریبا نیمی از چوانه‌های چشائی آن به شکل**D** اسیدآمینه‌ها واکنش نشان می‌دهند، از تعجب نزدیک بود شاخ در بیاورد. او گفت «اول فکر کردم دچار خطا شده‌ایم... این اسیدآمینه‌های شکل **D** کجا هستند که می‌باید برای گربه‌ماهی‌ها پراهمیت باشد؟» او سرانچام فهمید که چندین کرم و صدف دریائی می‌توانند اسیدآمینه‌های **L** را به **D**، به تصویر آئینه‌ای معکوس آن تبدیل کنند. در دهه ۱۹۷۰ بود که دانشمندان فهمیدند حیوانات دریائی اسدآمینه‌های **D** می سازند. کاپریو گفت « گربه‌ماهی این را از صدها میلیون سال پیش می‌دانست.»

۳٤ یادتان باشد که حس چشائی بیشتر برای کشف کلی چیزها است، نه تمیز دقیق و با ظرافت مولکول‌ها. پاندا را با سگ مقایسه کنید؛ پاندا ممکن است چیزهائی بیشتری را تلخ تشخیص دهد، ، اما احتمالاً آن چیزها را به همان شکل ثابت و یکسان تجربه می‌کند.

۳۵ .بالدوین همچنین نشان داد که مرغ مگس‌خوار وظیفه گیرنده اومامی خود را به گیرنده شیرینی تبدیل کرده است. این پرنده هم همانند پرندگان آواز خوان همان ژن را تغییر داده است، مننهی از راهی مستقل و تقریبا از راهی

تقریبا به‌طور کاملا متفاوت . این خانم دانشمند به من گفت در برخی گونه-های جانوران، آن گیرنده دگرگون شده هنوز قادر است اومامی را درک کند که به معنی آن است که« آن‌ها نمی توانند بین شیرینی و اومامی تفاوت قائل شوند.». تصور کنید که قادر نباشید سوس سویا را از شربت سیب تمیز بدهید.