

# مراحل و چگونگی تجزیه بدن پس از مرگ

به گزارش خبرنگار اخبار داغ گروه فضای مجازی باشگاه خبرنگاران جوان؛ خانم «هالی ویلیامز» یک متصدی کفن و دفن است. او از تجربه‌اش در آماده‌سازی جسد فردی به نام جان می‌گوید: آماده کردن جان نیاز به زور کمی دارد. معمولا هر چه جسد تازه‌تر باشد، کار من راحت‌تر می‌شود.

هالی بازوی جان را بلند کرده و به آرامی انگشتان، آرنج و مچ او را خم می‌کند. ویلیامز آرام و شمرده صحبت می‌کند و از ماهیت شغل خود راضی و خوشحال است. او از کودکی با بدن اجساد سر و کار داشته است و تقریبا روزی یک جسد می‌دید. حالا او ۲۸ سال دارد و در یک موسسه‌ی مراسم تدفین جنازه در شمال تگزاس مشغول به کار است. طبق تخمین ویلیامز، وی تاکنون ۱۰۰۰ جسد را آماده‌سازی کرده است. او باید اجساد را از منطقه‌ی دالاس تحویل بگیرد و برای مراسم تدفین آماده کند.

بنا به گفته‌ی ویلیامز: «بیشتر اجساد ما مربوط به خانه سالمندان هستند. اما گاهی اوقات با اجسادى مواجه می‌شویم که مرگ آنها به علت زخم ناشی از شلیک گلوله یا تصادف اتومبیل بوده است. ما ممکن است گاهی اوقات با مواردی مواجه می‌شویم که در تنهایی مرده‌اند و جسد آنها بعد از روزها و هفته‌ها به دست ما می‌رسد. در این حالت بدن در مراحل میانی تجزیه است و همین کار من را سخت‌تر می‌کند.» جان حدود ۴ ساعت پیش فوت کرد. او بیشتر عمرش را از لحاظ بدنی نسبتا سالم بود. و تمام زندگی کاری‌اش را در میدان‌های نفتی تگزاس مشغول به کار بود. موقعیت شغلی او ایجاب می‌کرد که دائما در حرکت و تکاپو باشد. از این رو از لحاظ بدنی در حالت قابل قبولی قرار داشت. جان ۵۷ ساله، ۱۰ سالی بود که سیگار کشیدن را کنار گذاشته بود و در مصرف نوشیدنی افراط نمی‌کرد تا این که در یک صبح سرد ژانویه، دچار حمله‌ی قلبی شدیدی شد، روی زمین افتاد و در جا فوت کرد.



حالا جان روی میز فلزی ویلیامز به صورت دراز کشیده قرار دارد و بدنش با یک یک ملافه سفید، سرد و زمخت پوشیده شده است. رنگ پوست خاکستری متمایل به ارغوانی‌اش از علائم شروع تجزیه بدن است. سری اول فیلم «پدرخوانده» را به خاطر دارید؟ جایی که دون کورلئونه از دوست خانوادگی‌شان می‌خواهد، جنازه تیرباران شده‌ی پسرش «سان» را به شکلی درآورد که بتواند آن را به مادرش نشان دهد. کار ویلیامز هم همین است. او به ظاهر اجساد شکل مطلوب‌تری می‌دهد تا دوستان و بازماندگان نشان در مراسم تدفین، آخرین تصویری که از عزیز خود می‌بینند، تصویری خوشایند باشد.

سوال اینجاست که علت تغییر چهره بعد از مرگ چیست؟ و سوال مهم‌تر این که بعد از مرگ، چه تغییراتی در بدن اتفاق خواهد افتاد؟ هضم خود به خود

جدا از این که «بدن مرده» یک جسد رو به فاسد شدن است، هنوز هم علائمی از زندگی در آن جریان دارد. گروهی از دانشمندان (که تعدادشان رو به افزایش است)، یک جسد در حال فساد را سنگ‌بنای شکل‌گیری یک اکوسیستم گسترده و پیچیده در نظر گرفته‌اند که پس از تجزیه شدن، نوعی تکامل را تجربه می‌کند.

تجزیه جسد، چند دقیقه بعد از مرگ طی فرآیندی به نام «اتولیز» یا هضم خود به خود شروع می‌شود. وقتی ضربان قلب می‌ایستد، زمان کوتاهی بعد از آن سلول‌های بدن از اکسیژن محروم می‌شوند و اسیدیت‌های آنها زیاد می‌شود. سپس طی یک سری واکنش‌های شیمیایی، سمی ایجاد شده و در داخل سلول‌ها تجمع می‌یابد. این آنزیم‌های سمی شروع به هضم غشاهای سلولی کرده و پس از متلاشی کردن آنها، به بیرون از سلول نشت می‌کنند. این مرحله معمولاً، ابتدا در کبد و مغز شروع می‌شود. چرا که کبد مملو از آنزیم بوده و مغز هم حجم زیادی آب درون خود دارد. در نهایت، تمام بافت‌ها و ارگان‌ها شروع به تخریب شدن، می‌کنند. سلول‌های خونی آسیب‌دیده از رگ‌های پاره شده خارج می‌شوند و با کمک

نیروی جاذبه، در مویرگ‌ها و رگ‌های کوچک ته‌نشین خواهند شد. در این مرحله رنگ پوست جسد تغییر می‌کند.



دمای بدن هم بسته به دمای هوای اطراف افت پیدا خواهد کرد. سپس حالت «ریگورموریتس» یا «سختی مرگ» شروع می‌شود. در این حالت پلک‌ها، فک و ماهیچه‌های گردن سفت و سخت می‌شوند. پس از آن نوبت به سفت شدن تنه‌ی بدن و دیگر اندام است. وقتی انسان زنده است، بافت‌های ماهیچه‌ای به کمک دو رشته‌ی پروتئینی اکتین و میوزین می‌توانند منقبض شوند. پس از مرگ، این بافت‌ها منبع انرژی خود را از دست می‌دهند. در نتیجه این رشته‌های پروتئینی قفل می‌شوند که نتیجه‌ی آن سفت شدن ماهیچه‌ها و قفل شدن مفاصل است.

هر قسمت از بدن ما چه در حالت زنده و چه مرده، میزبان تعداد زیادی باکتری است و نوع باکتری هر قسمت با قسمت دیگر تفاوت دارد! روده، پایتخت باکتری‌های داخل بدن است و حدود میلیاردها باکتری با ۱۰۰ گونه‌ی مختلف در آنجا سکونت دارند. این موضوع یکی از بحث‌های مورد علاقه‌ی پژوهشگران "میکروبیوم" است. میکروبیوم عبارت است از کلیه باکتری‌ها، قارچ‌ها و میکروب‌هایی که در یک بخش از بدن تجمع یافته‌اند.

میکروبیوم روده یکی از داغ‌ترین موضوعات تحقیقاتی در حوزه‌ی زیست‌شناسی است؛ چرا که نقش بسیار مهمی در سلامت انسان دارد. منشاء بروز خیلی از بیماری‌ها مانند اوتیسم، افسردگی، سندروم روده تحریک پذیر (IBS) و چاقی در همین موضوع میکروبیوم نهفته است. با این حال، اطلاعات اولیه‌ی ما از این باکتری‌های مهمان محدود است. ضمن این که اطلاعات ما از این که بعد از مرگ چه اتفاقی برای آن‌ها می‌افتد هم چندان روشن و معلوم نیست.

در ماه اوت ۲۰۱۴، یک دانشمند ترکی تبار کالبدشناسی به نام "گولناز جوان" در دانشگاه ایالتی آلاباما در مونتگمری به همراه همکارانش اولین نتایج حاصل از مطالعات خود در این زمینه را با نام تانومیکروبیوم "thanatomicrobiome" منتشر کردند. (کلمه‌ی تانتو، یک واژه‌ی یونانی بوده و به معنای مرگ است).

جوان می‌گوید: "بیشتر کالبد‌هایی که بررسی می‌کنیم، مربوط به پرونده‌های جنایی هستند. چند مورد هم، مرگ به علت خودکشی، قتل، مصرف بیش از حد مواد مخدر یا تصادف اتومبیل بوده‌اند. ما نمونه‌هایی از بافت اجساد را می‌گیریم. اما برای ادامه کار از نظر مسئله اخلاقی، نیاز به موافقت‌نامه و مجوزهای لازم داریم."

وقتی که زنده هستیم، بیشتر اندام‌های داخلی بدن فاقد میکروب هستند. اما کمی بعد از مرگ، سیستم ایمنی از کار می‌افتد و میکروب‌ها آزادانه در سراسر بدن پخش می‌شوند. معمولاً اولین قسمت این فرآیند در محل اتصال بین روده کوچک و بزرگ شروع می‌شود. باکتری‌ها شروع به هضم روده و بافت‌های اطراف آن کرده و از داخل به خارج پیشروی می‌کنند. پس از آن، از مایع شیمیایی خارج شده از سلول‌های آسیب دیده به عنوان یک منبع غذایی استفاده می‌کنند. هدف بعدی باکتری‌ها، مویرگ‌ها هستند که پس از حمله به آنها وارد سیستم گوارش و غدد لنفاوی می‌شوند. کبد و طحال اولین مقر آنها برای گسترش یافتن است و سپس به سمت قلب و مغز می‌روند.

جوان و تیم همراهش، از کبد، طحال، مغز، قلب و خون ۱۱ جسد، در فاصله‌ی زمانی ۲۰ تا ۲۴۰ ساعت پس از مرگ، نمونه برداری کرده‌اند. آنها با استفاده از فناوری‌های توالی DNA و ترکیب آن با بیوانفورماتیک، به تحلیل و مقایسه‌ی میزان باکتری نمونه‌ها پرداختند.

میزان باکتری در اندام‌های مختلف یک شخص بسیار مشابه دیگر اندام‌ها بود. اما میزان باکتری هر شخص با شخص دیگر تفاوت فاحشی داشت. این تفاوت می‌تواند ناشی از تفاوت میکروبیوم هر جسد و یا تفاوت در مدت زمان سپری شده از مرگ باشد. آزمایش قبل‌تری که بر روی موش‌ها انجام شده بود، نشان داد که با گذشت زمان بعد از مرگ، میزان میکروبیوم نمونه به طور چشمگیری تغییر پیدا می‌کند. از آنجا که این میزان تغییر از یک روند قانونمند پیروی می‌کند، قابل اندازه‌گیری است. بدین صورت، محققان توانستند که میزان باکتری نمونه‌ها را در یک بازه‌ی زمانی ۳ روزه تا ۲ ماهه تخمین بزنند.

بررسی‌های انجام شده توسط تیم جوان این گمان را مطرح کرد که تکثیر این باکتری‌ها با تجزیه‌ی بدن انسان شروع می‌شود. نتایج آزمایش‌های آنها نشان داد که حدود ۲۰ ساعت طول می‌کشد که این باکتری‌ها بعد از مرگ وارد کبد شوند و حداقل ۵۸ ساعت زمان لازم است که در کل اندام‌های بدن گسترش پیدا کنند. بنابراین، بعد از مرگ، باکتری‌های داخل بدن به شکل سیستماتیک در بدن پخش می‌شوند. از این رو مدت زمانی که طول می‌کشد تا باکتری‌ها به اولین اندام داخلی نفوذ کنند،

می‌تواند شاخصی برای اندازه‌گیری زمان سپری شده از مرگ باشد. بنا به گفته‌ی جوان: "بعد از مرگ تغییراتی در ترکیب باکتری‌ها به وجود می‌آید. مسیر حرکت آن‌ها از قلب به سمت مغز است و آخرین بخشی که سراغش می‌روند اندام‌های تناسلی است." در سال ۲۰۱۴، جوان و همکارانش موفق به دریافت یک حمایت مالی ۲۰۰/۰۰۰ دلاری از طرف بنیاد ملی علوم شدند تا تحقیقات خود را ادامه دهند. جوان در ادامه می‌افزاید: "ما می‌خواهیم با استفاده از روش‌های تعیین توالی نسل بعد و بیوانفورماتیک، تعیین کنیم که کدام اندام برای تخمین زمان سپری شده از مرگ مناسب‌تر است. چرا که این موضوع هنوز برای ما شفاف نیست."

یکی از موارد معلوم این است که در هر مرحله از تجزیه‌ی جسد با ترکیب متفاوتی از باکتری مواجه هستیم.

## فساد جسد

در میان درختان کاج جنگل هانتسویل در تگزاس، حدوداً ۶ جسد در مراحل مختلف فروپاشی قرار داده شده‌اند. دو جسدی که تازه به این اجساد اضافه شده‌اند، پوستی لکه‌دار و مایل به خاکستری رنگ دارند. استخوان‌های قفسه‌ی سینه و لگن خاصره قابل مشاهده هستند و گوشت آنها رو به فاسد شدن است. چند متر آن طرف‌تر هم جسدی اسکلت‌وار را می‌توان دید که پوستش کاملاً به استخوان چسبیده است و انگار یک لباس پلاستیکی براق پوشیده است. کمی دورتر، اسکلت‌های دیگری دیده می‌شوند که کرکس‌ها دور و بر آنها را فرا گرفته‌اند. جسد دیگر داخل یک قفس چوبی و سیمی قرار گرفته است. این جسد آخرین چرخه‌ی مرگ را طی می‌کند و تقریباً مومیایی شده است. چند قارچ بزرگ قهوه‌ای رنگ روی شکم جسد رشد کرده‌اند.



باشگاه خبرنگاران

برای اکثر ما دیدن اجساد در حال فساد، در بهترین حالت ممکن ناراحت‌کننده و در بدترین حالت ترسناک و کابوس‌مانند است. در هر حال، برای کارکنان سازمان علوم کاربردی کالبدشکافی تگزاس دیدن هر روز این صحنه‌ها عادی است. این سازمان در سال ۲۰۰۹ با فضایی به مساحت ۲۴۷ هکتار در جنگل ملی تحت مالکیت دانشگاه ایالتی هوستون (SHSU) افتتاح شد. در داخل این سازمان، یک فضای جنگلی متراکم پر درخت به مساحت ۹ جریب قرار دارد که اطراف آن با حصار سیمی ۱۰ فوتی مجهز به سیم خاردار، محافظت شده است.

در اواخر سال ۲۰۱۱ بود که دو پژوهشگر SHSU به نام‌های "بوچلی" و "لین" دو جسد تازه را به آنجا انتقال دادند و آنها را همان‌جا رها کردند تا در شرایط طبیعی تجزیه شوند.

وقتی پدیده هضم خود به خود در حال شکل‌گیری است، باکتری‌ها شروع به فرار از دستگاه گوارش می‌کنند و فساد جسد آغاز می‌شود. در این جا یک مرگ مولکولی اتفاق می‌افتد؛ چرا که بافت‌های نرم به شکل‌های گاز، مایع و نمک تجزیه می‌شوند. البته هنوز مراحل اولیه‌ی تجزیه شروع نشده است. تجزیه وقتی شروع می‌شود که باکتری‌های بی‌هوازی وارد عمل شوند.

در مرحله‌ی فساد جسد، نوع باکتری‌ها از هوازی که نیاز به اکسیژن دارند، به بی‌هوازی که نیاز به اکسیژن ندارد، تغییر می‌کند. باکتری‌های بی‌هوازی پس از تغذیه از قند موجود در بافت‌های بدن، گازهای جانبی مانند متان، هیدروژن سولفید و آمونیاک تولید می‌کنند. تجمع این گازها باعث نفخ در شکم و دیگر قسمت‌های بدن می‌شود.

بنابراین تغییر رنگ بدن ملموس‌تر می‌شود. سلول‌های خونی آسیب‌دیده نیز از رگ‌های متلاشی شده نشت می‌کنند و مولکول‌های هموگلوبین توسط باکتری‌های بی‌هوازی تبدیل به سولفوهموگلوبین می‌شوند. حضور این ماده در خون ساکن، باعث می‌شود که رنگ پوست به سبز مایل به سیاه متمایل شود.

با بالا رفتن فشار گاز داخل بدن، تاول‌هایی در سطح پوست ظاهر می‌شوند و به دنبال آن پوست شروع به شل شدن کرده و به سختی پیوند خود را بر روی چارچوب بدن حفظ می‌کند. در نهایت، گازها و بافت‌های مایع شده از مقعد و دیگر سوراخ‌های خروجی بدن خارج می‌شوند. گاهی اوقات، فشار خروج این گازها و مایعات به حدی زیاد است که باعث پاره شدن بافت‌های شکم می‌شود.

"نفخ" اغلب شاخصی برای شروع مرحله‌ی جدیدی از تجزیه محسوب می‌شود. نتایج یکی از مطالعات اخیر نشان داده است که در مرحله‌ی جدید، ترکیب باکتری‌ها تغییر خواهد کرد.

بوچلی و لین، نمونه‌های باکتری‌های موجود در بخش‌های مختلف بدن را از ابتدای فرآیند فساد تا بعد از نفخ، جمع‌آوری کردند. سپس DNA های موجود در باکتری‌ها را استخراج کرده و آن‌ها را فهرست‌بندی کردند.

بوچلی به عنوان یک حشره‌شناس، علاقه‌ی زیادی به حشراتی دارد که از اجساد به عنوان زیستگاه خود استفاده می‌کنند. او اجساد را یک اقامتگاه تخصصی برای حشرات مختلف مرده‌خوار می‌داند که کل مدت زندگی خود را اطراف جسد، سر می‌کنند.

## کلونیزاسیون

کلونیزاسیون به معنای رشد و تکثیر عامل عفونی در میزبان است. وقتی که مایعات و گازهای بدن خارج می‌شود، جسد تسلیم طبیعت خواهد شد. در این مرحله، اکوسیستم جسد به صورت یک منبع غذایی، در خدمت میکروب‌ها، حشرات و لاشخورها قرار می‌گیرد.

دو گونه‌ی جانوری که سریعاً با این اکوسیستم ارتباط نزدیکی برقرار می‌کنند، مگس لاشه و مگس گوشت (به علاوه تخم‌هایشان) هستند. بوی به شدت بدی که از اجساد به مشام می‌رسد، ناشی از انتشار ترکیبات فراری است که باعث تغییراتی در پیشرفت فرآیند تجزیه می‌شوند. مگس‌های لاشه با استفاده از گیرنده‌های مخصوص در شاخک‌های خود، بو را تشخیص داده و جسد را پیدا می‌کنند. سپس روی جسد نشسته و در قسمت‌های باز و بریدگی‌ها شروع به تخم‌ریزی می‌کنند.

هر مگس حدود ۲۵۰ تخم می‌گذارد که ظرف ۲۴ ساعت به کرم حشره تبدیل می‌شوند و با تغذیه از جسد در حال فساد، بزرگ و بزرگ‌تر می‌شوند. پس از آن کرم‌ها به شفیره و سپس مگس بالغ تبدیل می‌شوند و این چرخه تا زمانی که منبع غذایی برقرار باشد، تکرار خواهد شد.

در شرایط مناسب، شمار زیادی کرم حشره مشغول تغذیه از جسد هستند.

این تراکم جمعیت، باعث ایجاد حرارت می‌شود و دمای داخل بدن به بیش از ۱۰ درجه سانتیگراد خواهد رسید. در اینجا وضعیتی مشابه وضعیت پنگوئن‌های قطب جنوب اتفاق می‌افتد و کرم‌های حشره مجبور خواهند شد مانند پنگوئن‌ها مدام در حال حرکت باشند. با این تفاوت که پنگوئن‌ها برای گرم شدن تقلا می‌کنند؛ حال آن که تلاش کرم‌های حشره برای خنک‌تر شدن است!

بوچلی در توضیحات خود می‌گوید: "دقیقا مثل شمشیر دولبه! اگر همیشه روی سطح بیرون باشی توسط پرندگان شکار خواهی شد و اگر به مرکز بروی، از گرما خواهی پخت! از این رو آن‌ها مدام باید بین لبه و مرکز در حال رفت و آمد باشند"

حضور مگسها، توجه شکارچیان دیگری مانند کنه‌ها، مورچه‌ها، زنبورها و عنکبوت‌ها را به خود جلب می‌کند. این شکارچیان تازه‌وارد یا از تخم و لارو مگسها تغذیه می‌کنند و یا یک هم‌زیستی انگل‌وار را در کنار مگسها آغاز می‌کنند. کرکسها، لاشخورها و دیگر حیوانات بزرگ گوشت‌خوار هم ممکن است از این منبع غذایی بی‌نصیب نمانند و خود را به موقع برسانند!

در نبود لاشخورها، کرم‌های حشره هستند که مسئولیت از بین بردن بافت‌های نرم را به عهده می‌گیرند. "کارل لینه" (کسی که گونه‌های جانوری را تقسیم‌بندی کرد) طی یادداشتی در سال ۱۷۶۷ نوشته است: "۳ عدد مگس به سرعت یک شیر، می‌توانند جسد یک اسب را کاملا بخورند." شمار زیاد کرم‌های حشره نیز همین قابلیت را دارند. عملکرد آنها آن قدر دقیق است که پس از تجزیه کامل جسد، مسیر حرکتشان به شکل شیارهای عمیق در خاک پیرامون جسد قابل رویت است.

هر حشره‌ای که جذب یک جسد می‌شود علاقه خاصی به میکروب‌های روده‌ای دارد و خاک مناطق مختلف هم می‌تواند محلی برای زندگی گونه‌های مختلفی از این باکتری‌ها باشد. احتمالا عواملی مانند دما، میزان رطوبت و نوع خاک در تعیین نوع این باکتری‌ها نقش خواهد داشت. همه‌ی این میکروب‌ها با یکدیگر در داخل اکوسیستم جسد ترکیب می‌شوند. مگس‌هایی که قبلا در جسد ساکن شده بودند، نه تنها به تخم‌ریزی ادامه می‌دهند، بلکه برخی از باکتری‌های دلخواه خود را به خود اختصاص می‌دهند. نکته‌ی دیگر این که بافت‌هایی که به صورت مایع درآمده‌اند، از بدن خارج شده و امکان تبادل باکتری‌های موجود در جسد و خاک زیر آن را فراهم می‌کنند.

وقتی بوچلی و لین نمونه‌های باکتری‌های جسد را بررسی کردند، به این نتیجه رسیدند که نوع باکتری‌های روی پوست جسد، با باکتری‌های به جا مانده از مگسها و لاشخورها، یکی بوده است. بنا به گفته‌ی لین: "وقتی که یک جسد شروع به تخلیه‌ی خود می‌کند، باکتری‌های روده از آن خارج می‌شوند. از این رو بیشتر این باکتری‌ها را در خارج از بدن مشاهده خواهیم کرد."

بنابراین، هر بدن مرده‌ای یک امضای میکروبیولوژیکی دارد که منحصر به فرد خود آن بدن است. این امضا می‌تواند با گذشت زمان و شرایط



مرگ تغییر پیدا کند. درک بهتر از ترکیب جامعه‌ی باکتریایی، روابط بین آنها و تاثیر آنها بر هم‌دیگر در هنگام فرآیند تجزیه‌ی جسد به تیم کالبد شناسی و پزشکی قانونی کمک می‌کند که به اطلاعات بیشتری نظیر مکان، زمان و علت فوت شخص دستیابی پیدا کنند.

برای مثال، شناسایی رشته‌های DNA مربوط به یک اندام خاص و یا نوع خاک موجود در جسد، به محققین و پژوهشگران کمک می‌کند تا برداشتهایی از صحنه‌ی جنایت داشته باشند.

بوچلی می‌گوید: "تا به حال پازل‌های مهم چند پرونده‌ی قضایی با کمک حشره‌شناسی به جواب‌هایی رسیده است". او امیدوار است که باکتری‌ها حامل اطلاعات بیشتری باشند و بتوان از آنها به عنوان ابزاری برای تخمین زمان مرگ استفاده کرد. وی در ادامه افزود: "امیدوارم در ۵ سال آینده بتوانیم از باکتری به عنوان یک مدرک قابل استناد در دادگاه استفاده کنیم."

به این منظور، محققان مشغول جمع‌آوری فهرست انواع گونه‌های باکتری در داخل بدن انسان هستند و تفاوت باکتری‌های اشخاص مختلف را بررسی می‌کنند. بوچلی می‌گوید: "دوست دارم اهداکننده‌ی اجازه دهد از باکتری بدن وی در دوران‌های مختلف زندگی، مرگ و دوران تجزیه شدن بدنش نمونه برداری کنم تا به مجموعه‌ای داده از کل فرآیند زندگی تا مرگ، دست پیدا کنم."

## تخلیه‌ی بدن

"دنیل وسکات"، مدیر مرکز انسان‌شناسی دانشگاه ایالتی تگزاس در سن مارکوس می‌گوید: "ما به دنبال بررسی سیالات خروجی از بدن اجساد در حال تجزیه هستیم."

وسکات یک انسان‌شناس است که در زمینه‌ی ساختار جمجمه تخصص دارد. او با استفاده از دستگاه میکرو-سی‌تی اسکنر ساختار استخوان‌های یک جسد تجزیه شده را بررسی می‌کند. او همچنین با دیگر گروه‌ها نظیر حشره‌شناسان، تیم میکروبیولوژی (از جمله جوان)، مهندسين رایانه و یک خلبان همکاری می‌کند تا با هدایت یک هواپیمای بدون سرنشین از مناطق مورد نیاز عکس‌های هوایی تهیه کند.

بنا بر یک برآورد تخمینی، ۵۰ تا ۷۵٪ بدن انسان از آب تشکیل شده است و به ازای هر کیلوگرم از جرم انسان (بر مبنای خشک)، ۳۲ گرم نیتروژن، ۱۰ گرم فسفر، ۴ گرم پتاسیم و ۱ گرم منیزیم وارد خاک می‌شود. در ابتدا، نیتروژن سمی ناشی از آنتی‌بیوتیک داخل بدن، باعث از بین بردن قسمتی از پوشش گیاهی اطراف خواهد شد. این نیتروژن توسط حشراتی که گوشت را می‌خورند به خارج از بدن ترشح می‌شود. اما در نهایت خواهیم دید که تجزیه‌ی بدن برای اکوسیستم‌های اطراف آن سودمند است. چگونه؟ آن طرف دیگر داستان را هم ببینید:

توده‌ی زنده‌ی میکروبی در هنگام تجزیه‌ی جسد گسترش پیدا می‌کند. کرم‌های نماتود، در حین تجزیه‌ی جسد مواد مغذی را از بدن انسان

بیرون می‌کشند و همین موضوع باعث غنی‌تر شدن خاک و در نتیجه متنوع‌تر شدن پوشش گیاهی اطراف خواهد شد. تحقیقات به سمتی پیش می‌روند که بتوانند با استفاده از تغییر ترکیب خاک اطراف یک منطقه، راه حل جدیدی برای پیدا کردن مقتول‌هایی که در عمق کم خاک دفن شده‌اند، پیدا کنند.

تجزیه و تحلیل خاک قبر نیز می‌تواند یکی دیگر از راه‌های ممکن برای برآورد زمان مرگ تلقی شود.

## دفن بدن در زیر خاک

در حرارت خشک بی‌امان یک روز تابستانی در تگزاس، جسد به جای تجزیه شدن، کاملاً مومیایی خواهد شد. به این صورت که پوست سریعاً تمام رطوبت خود را از دست می‌دهد و پس از آن کاملاً به استخوان‌ها می‌چسبید.

سرعت واکنش‌های شیمیایی درگیر در این فرآیند به ازای هر ۱۰ درجه سانتی‌گراد افزایش دما، دو برابر خواهد شد. پس چنانچه دمای متوسط روزانه‌ی هوا ۲۵ درجه سانتی‌گراد فرض شود، جسد پس از ۱۶ روز در مرحله‌ی تجزیه‌ی پیشرفته قرار می‌گیرد. بنابراین بیشتر گوشت بدن از بین رفته است و انبوه زیادی از کرم‌های حشره هم از جنازه دور شده‌اند.

مصریان باستان به صورت اتفاقی آموختند که شرایط محیط چه تاثیری در تجزیه‌ی جسد دارد. در دوره "پردیناستیک"، قبل از ساخت تابوت و مقبره، آنها دور مردگان خود را پارچه می‌پیچیدند و آنها را مستقیم در شن و ماسه دفن می‌کردند. بدین صورت گرما مانع از فعالیت میکروب‌ها می‌شد و چون جسد زیر خاک بود، حشرات نمی‌توانستند به آن راه پیدا کنند. از این رو بدن مرده به خوبی حفظ می‌شد. بعدها مصریان به این خیال افتادند که مردگان‌شان بعد از مرگ زندگی بهتری داشته باشند. از این‌رو شروع به ساختن مقبره کردند و اجساد را به جای این که مستقیم داخل خاک کنند، داخل قبر می‌گذاشتند. غافل از این که جنازه به دور از شن و ماسه سریع‌تر تجزیه می‌شود. پس چنین شد که آنها به فکر مومیایی کردن اجساد خود افتادند. مومیایی کردن شامل مراقبت از بدن با مواد شیمیایی است که سرعت فرآیند تجزیه را کم می‌کند.

**با توجه به قوانین ترمودینامیک، انرژی نمی‌تواند ایجاد شود یا از بین برود، بلکه تنها می‌تواند از یک شکل به شکل دیگر تبدیل شود.**

تجزیه‌ی یک بدن مرده و بازگشت تمام جرم او به هستی و تبدیل آن به انرژی، از مصادیق بارز این قانون طبیعت است.

**منبع: زومیت**