

Грэхам Скарр, биолог, остеопат

# БИОТЕНСЕГРИТИ

**КАК** работают Анатомические поезда, остеопатия и кинезиология и **ЧТО** может сделать эти техники максимально эффективными

СТРУКТУРНАЯ  
ОСНОВА  
ЖИЗНИ



«Это возможность заглянуть в пространственную мастерскую анатомии и биологии и продолжить освоение идеи Анатомических поездов Томаса Майерса».

**ЛЕОНИД БЛЮМ**

Медицинский атлас

Грэхам Скарр

**Биотенсегрити. Как работают  
Анатомические поезда,  
остеопатия и кинезиология и  
что может сделать эти техники  
максимально эффективными**

«ЭКСМО»

2018

УДК 611/612  
ББК 28.7

**Скарп Г.**

Биотенсегрити. Как работают Анатомические поезда, остеопатия и кинезиология и что может сделать эти техники максимально эффективными / Г. Скарп — «Эксмо», 2018 — (Медицинский атлас)

ISBN 978-5-04-171093-4

Биотенсегрити – это синергетическая и тенсегрити-интерпретация биомеханики и функциональной анатомии. Читатели убедятся в том, что именно синергетика Р.Б. Фуллера и особенно тенсегрити, как ее реализация в самоорганизующихся природных системах, включая живые организмы, – это и есть «внутренняя кухня» целостности, балансов, интегративности, того, что делает холистический подход в терапии, оздоровлении и тренинге реальностью, а не декларацией. Книга будет полезна практикующим специалистам по лечению и оздоровлению человеческого тела, независимо от конкретных специальностей и дипломов. А также специалистам и энтузиастам в области естественных наук – биологам, химикам, физикам, математикам, архитекторам, программистам, инженерам и художникам.

УДК 611/612  
ББК 28.7

ISBN 978-5-04-171093-4

© Скарп Г., 2018  
© Эксмо, 2018

## Содержание

От редактора перевода	7
Предисловие к первому изданию	14
Предисловие ко второму изданию	16
Предисловие Джона Шарки	21
Предисловие и благодарности	23
Глоссарий	27
Введение	34
Конец ознакомительного фрагмента.	37

**Грэхам Скарр**  
**Биотенсегрити**  
**Как работают Анатомические**  
**поезда, остеопатия и кинезиология**  
**и что может сделать эти техники**  
**максимально эффективными**

Biotensegrity – The Structural Basis of Life

Graham Scarr

The original English language work has been published by:

Handspring Publishing Limited Pencaitland, EH34 5EY, United Kingdom Copyright © 2018.

All rights reserved.

© Мищенко К. С., перевод на русский язык, 2022

© Оформление. ООО «Издательство «Эксмо», 2022

\* \* \*





## От редактора перевода

За возможность перевода книги «Биотенсегрити: структурная основа жизни» на русский язык в первую очередь следует сказать спасибо Томасу Майерсу. Во многом именно успех его книги «Анатомические поезда» и завоевание ею новых широких аудиторий открыл двери для перевода книг по самой современной тематике: новой фасциальной анатомии и новом целостном, синергетическом подходе к опорной и двигательной функции.

Конечно, в большинстве книг, публикуемых в этом разделе, больший акцент сделан именно на новую анатомию как на более наглядную тему с очевидной и быстрой практической ценностью.

Книга Грэхема Скарра уникальна и важна именно тем, что дает новый расширенный базис, своего рода новую операционную систему для понимания и реализации целостного холистического подхода на практике. Биотенсегрити – это синергетическая и тенсегрити-интерпретация биомеханики и функциональной анатомии. Читатели с немалым удивлением убедятся в том, что именно синергетика Р.Б. Фуллера и особенно тенсегрити, как ее реализация в самоорганизующихся природных системах, включая живые организмы, это и есть внутренние процессы целостности, балансов, интегративности, того, что делает холистический подход в терапии, оздоровлении и тренинге реальностью, а не декларацией.

У этой книги две главных аудитории, и моя задача как редактора заключалась в том, чтобы при переводе и языковой адаптации английского текста постараться найти наилучший баланс, который сделал бы ее интересной и полезной для каждой из них.

Первая – и главная аудитория – это практикующие специалисты по лечению и оздоровлению, все те, кто работает с человеком и его телом независимо от конкретных специальностей и дипломов.

Вторая аудитория – это специалисты и энтузиасты в области естественных наук – биологи, химики, физики, математики, а также специалисты по воплощенной гармонии – архитекторы, программисты, инженеры и художники. Казалось бы, странное сочетание! Однако в нем нет ничего удивительного, потому что в этой книге впервые на русском языке подробно и доступно излагаются основные идеи Р.Б. Фуллера – американского Леонардо, основателя синергетики и одной из наиболее колоритных и противоречивых фигур в науке и архитектуре XX века.

Чем интересна и важна эта книга для столь разных аудиторий?

Начнем с главной аудитории, со специалистов по телу.

Вот уже 20 лет книга Т. Майерса «Анатомические поезда» открывает перед практиками физиотерапии, реабилитации и фитнеса совершенно новое понимание анатомических и функциональных связей, преодолевая раздробленность и фрагментарность традиционного преподавания анатомии как списка отдельных мышц, связок, костей и т. д. Но что представляют собой прославившие Т. Майерса миофасциальные меридианы «анатомических поездов» в более широком смысле? Это и есть частные примеры синергий в сетях динамического натяжения в организме человека. В своей книге Т. Майерс, конечно же, упоминает и объясняет понятие тенсегрити, ссылаясь на Р.Б. Фуллера, но делает это очень кратко и без дальнейшего развития.

Книга Г. Скарра – это следующая ступень для тех, кто убедился на практике в применимости и пользе тех конкретных частных синергий, о которых говорит Т. Майерс, и теперь мотивирован к тому, чтобы пойти дальше и начать понимать не только частные примеры, но и самые общие принципы и процессы синергий в нашем теле.

В книге Г. Скарра нет конкретных инструкций и техник, но есть детальное и богато иллюстрированное описание того, как все устроено с множеством неожиданных анатомических при-

меров. Как на самом деле развивается и устроен свод черепа? Есть ли в нем динамический отклик и почему? Как устроен височно-нижнечелюстной сустав? Как реально функционируют колено и лопатка? Начиная с 4-й главы книги, вы найдете множество конкретных примеров применения биотенсегрити, которые наверняка вас удивят!

Но в целом книга Г. Скарра – это не набор анатомических карт, а приглашение читателя к тому, чтобы самому стать созидующим картографом! Чтобы по-новому начать видеть, чувствовать и понимать те динамические силы и связи, с которыми вы уже постоянно сталкиваетесь в клинической и тренировочной практике, но зачастую не имеете рабочего языка и образов для того, чтобы их в полной мере осознать и научиться ими управлять.

И, безусловно, если вас интересует новая фасциальная анатомия, что с ней делать и как интегрировать с имеющимися разрозненными анатомическими знаниями, то биотенсегрити-понимание синергетики вам абсолютно необходимо!

Слово «синергия» известно сегодня каждому, оно прочно вошло в научный, менеджерский, медицинский и даже бытовой язык. К примеру, мы уверенно и комфортно говорим о мышцах-синергистах или о синергии, например, кровеносной и лимфатической систем.

Намного менее известно, что автором этого слова и создателем синергетики был Б. Фуллер и уж совсем малоизвестно, что у этой концепции (синергетики) есть скрытая структурная сторона, описываемая понятием «тенсегрити». Р.Б. Фуллер был очень скрупулезен в подборе терминов и при этом очень креативен, изобретая новые обозначения из ранее известных слов.

Эти термины родились практически одновременно в 1950-х годах и связаны как две стороны одной медали. Однако пути истории повернули так, что первый – «синергия» – вошел в очень широкий обиход, утратив фуллеровскую точность, а второй – «тенсегрити» – остался малоизвестным.

Еще более сложная ситуация сложилась для этих понятий в русском языке. Оказалось, что слово «синергия» на русском звучит естественно. Мы можем легко представить себе комбинацию слов «синтез» + «энергия» = синергия, что делает его интуитивно понятным. К сожалению, в случае с термином «тенсегрити», который в английском оригинале интуитивно понятен, как *tension* (натяжение) и *integrity* (целостность), все намного хуже – в русском языке он лишен не только созвучия, но и подходящих аналогов. Точный смысловой перевод «целостный, замкнутый сам на себя (самозамкнутый), самонапряженный и самонатяжной механический контур» не радует компактностью. Поэтому очевидно, что внедрение этого понятия в русскоязычный лексикон и понятийный аппарат разных специальностей требует больших усилий.

Я уверен: внимательно прочитав и проработав книгу «Биотенсегрити – структурная основа жизни», читатели смогут убедиться в том, что эти усилия оправданы. Прочувствовав и пропитавшись синергетикой и тенсегрити-подходом, вы совершенно по-новому начнете понимать не только анатомию, движение, биологию, но и, казалось бы, не связанные области знаний и технологий – от музыки до социального устройства.

Концепция тенсегрити отображает фундаментальные представления Б. Фуллера о мире и природных процессах как системах динамического натяжения, которые зачастую невидимы и выглядят бесконтактными, но абсолютно реальны и ощутимы, проявляясь при взаимодействиях и формировании структур. На самом практическом уровне вы сможете переосмыслить структурную и функциональную анатомию, увидев новые связи, линии и паттерны взаимодействий (синергий) в костно-мышечной системе, миофасциальных сетях, опорно-двигательном аппарате.

Эта книга поможет вам развить ваше внутреннее зрение и соединить вместе те анатомические и функциональные элементы, которые раньше были разрознены. Именно поэтому биотенсегрити-подход уже завоевал признание в физиотерапии, остеопатии, пилатесе, йоге, персональном тренинге, то есть тех профессиях, которые связаны с тонкими настройками человеческого организма.



По сути, читателям предоставляется возможность заглянуть в пространственную мастерскую анатомии и биологии.

Безусловно, эту книгу нельзя назвать легким чтением, это скорее фундаментальный труд по устройству Природы, к которому вы будете обращаться снова и снова. Однако Г. Скарр написал эту книгу очень иллюстративно и достаточно популярно при всей ее фундаментальности.

Другая категория читателей, которым, я надеюсь, будет интересна книга, – это широкая аудитория специалистов и энтузиастов, ищущих ответы на глобальные вопросы о том, как устроен наш мир, включая математиков, физиков, биологов, программистов, архитекторов, инженеров.

Это связано с тем, что «Биотенсегрити...» – первая книга на русском языке, которая включает в себя расширенные ссылки, цитаты и объяснения Р.Б. Фуллера.

Р.Б. Фуллер – один из наиболее оригинальных и неортодоксальных мыслителей XX века, внесший огромный вклад в теорию систем и развитие современной архитектуры, космических технологий, промышленного дизайна, экологического природопользования, и одновременно гуманистический публицист, прославившийся в первую очередь конструктивным воплощением геодезических куполов.

В 1960–1970-е годы Б. Фуллер был одним из наиболее знаковых интеллектуалов своего времени, своего рода звездой популярной науки, имел миллионы читателей, слушателей и зрителей и собирал многотысячные аудитории на своих публичных лекциях по всему миру.

Он одним из первых артикулировал идеи коллективной ответственности человечества за «наш общий космический корабль «Земля», по сути, став одним из основателей зеленого движения.

Так получилось, что медийная популярность при жизни и статус интеллектуальной звезды парадоксальным образом негативно отразились на его научном наследии. В своих публицистических выступлениях Фуллер зачастую прибегал к красочным гиперболам и эпатажу, что отдалило его от научного сообщества. Видимо, по этой же причине его работы почти не переводились в Советском Союзе, к тому же его главный труд «Синергетика», вышедший в 1970-е в двух томах, насчитывает свыше 1000 страниц труднопереводимого текста. Поэтому в постсоветский период Фуллер явно не входил в список коммерчески привлекательных авторов.

Из-за этих обстоятельств именно научный аспект деятельности Фуллера, связанный с разработкой оригинальной синергетической геометрии и теории тенсегрити (самонапряженных самонатяжных синергетических систем), на Западе в существенной степени был отодвинут в прошлое, а в русскоязычном пространстве остался совершенно неизвестным.

На мой взгляд, это значительное упущение. Идеи и инструментарий Б. Фуллера своей неортодоксальностью смущали его современников, но я уверен, что в современном мире они обретут второе дыхание. Его синергетическая геометрия отлично согласуется с поиском наиболее эффективных естественных алгоритмов и нейросетей (нативных морфовычислений); она хорошо подкрепляется идеями умной материи, мягкой материи, изучением сложности и самоорганизации, синергии, аттракторов, дискретной оптимизации и т. д.

Такая смена акцентов будет справедливой потому, что сам Фуллер задавался в первую очередь глобальными вопросами мироустройства, а практические находки, решения и материализация в архитектуре и технологиях были для него лишь естественным продолжением, воплощением предлагаемых им фундаментальных ответов.

Я бы сказал, что Фуллер был своего рода Пикассо от геометрии, физики и архитектуры, осмысленно сделавшим выбор в пользу компактного и псевдо-примитивного формата. Оба жили примерно в одно время; оба были долгожителями; оба обладали кипучей энергией и были медийно популярны (хотя, конечно, пик популярности Фуллера был короче); оба прошли через несколько творческих реинкарнаций и фазовых переходов.

Но главное, что роднит их, – это осознанный отход от канона их дисциплин: для Пикассо – от художественного, а для Фуллера – от физико-математического. Не зная, что уже 15-летний Пикассо виртуозно владел академической живописью, легко впасть в заблуждение, что его нарочитый примитивизм кубического, голубого и розового периодов был просто отражением неумения рисовать.

Точно также, читая работы Фуллера по синергетической геометрии, проще всего обвинить его в дилетантстве и слабом владении терминологией физики и дифференциальной геометрии, ненужном изобретении новых терминов. Конечно же, это не так! Фуллер происходил из семьи, относившейся к интеллектуальной элите Восточного побережья США, он получил полноценное классическое образование, дружил со многими известными учеными и уверенно владел математическим аппаратом. Но, как и Пикассо, он сделал осознанный выбор в пользу компактности и псевдопримитивизма, имея целью повысить энергетику и эмоциональный контраст своих работ. Также Фуллер провозгласил идею *unlearning*, утверждая, что в XX веке науке пора пройти перезагрузку и разучиться, то есть стереть в себе классическую физико-математическую картину мира, а затем начать заново, с нуля, с базовых простейших первопринципов: минимальной энергии; геодезического тесного взаимодействия взаимодействия; плотной упаковки пространства.

Говоря современным языком, он считал, что за сотни лет физика, основанная на алгебре и дифференциальной геометрии, накопила столько скрытых багов, фиксов и патчей, что вся конструкция стала слишком тяжеловесной, что она чаще искажает природную реальность, чем помогает правильно ее понять.

Несмотря на то что Фуллер был не кабинетным мечтателем, а в первую очередь практиком, который на деле доказывал адекватность своих представлений через их воплощение в инновационных дизайнерских и архитектурных проектах, ему не удалось воплотить в жизнь задуманный им переворот в науке. Реальность конца XX века оказалось такова, что мир науки проявил себя намного более консервативным по отношению к революционным неопримитивистским идеям Р.Б. Фуллера, чем мир искусства по отношению к аналогичным реформам от Пикассо.

В результате центральное ядро его системы представлений о структуре физической реальности – концепция тенсегрити – самонатяженной структурной целостности, или, точнее, самонатяженной синергетической системы, осталась недооцененной.

Книга Г. Скарра «Биотенсегрити – структурная основа жизни» – это один из первых и важных шагов по восполнению этого пробела. Автор не только отдает дань генезису основных идей Р.Б. Фуллера, но и убедительно демонстрирует, что биология – это раздел науки, в котором фуллеровский подход оказался наиболее продуктивным.

Главная сложность, с которой я столкнулся при редактировании перевода, заключалась в почти полном отсутствии работ Фуллера, изданных на русском языке. Книга Г. Скарра – это фундаментальный труд, где процитировано более 400 печатных работ, но в первую очередь он приглашает читателя обращаться к первоисточнику, двухтомному *magnum opus* Фуллера «Синергетика». К сожалению, русскоязычный читатель лишен такой возможности.

По этой причине, особенно в главах 1 и 2, мне пришлось сделать достаточно большое количество примечаний редактора перевода, в которых я постарался компактно передать контекст и дать минимально необходимые пояснения, без которых многие утверждения Фуллера выглядят слишком спорно для читателей, имеющих физико-математическую подготовку и мировоззрение. Я надеюсь, что читатели примут такой подход как приглашение к размышлению и диалогу.

И в заключение несколько слов о моей личной мотивации.

Вот уже больше 20 лет, как я живу и работаю за пределами России. За это время я провел мастер-классы и лекции по реабилитации ДЦП и по кинезиотерапии более чем в 50 странах.

Во время одной из таких поездок, еще в 2004 году, на конгрессе в Монреале я познакомился с Томасом Майерсом и сразу же с энтузиазмом погрузился в новый мир фасциальной анатомии. Так получилось, что я оказался единственным русскоязычным из участников-основателей как Общества исследований фасции/ Всемирных фасциальных конгрессов (Fascia Research Society/ Fascia Research Congress), так и биотенсегрити-группы (Biotensegrity Interest Group), начиная с момента их основания в 2007–2009 годах. Оба направления быстро растут и развиваются, завоевывая все новые аудитории по всему миру. К примеру, всемирные конгрессы фасциальных исследований собирают аудиторию участников, превышающую 1000 человек, со всего мира. В разных странах очно и онлайн регулярно проводятся конференции и встречи по этим направлениям, но, к сожалению, русскоязычные выступающие и участники на них фактически отсутствуют.

С другой стороны, я вижу, что в русскоязычной среде эти темы, особенно новая фасциальная анатомия, вызывают живой интерес среди самых разных специалистов и энтузиастов, работающих с телом. Проводятся многочисленные курсы, выпускаются книги, эти новые понятия проникают в лексикон. Видно огромное желание понять и внедрить новое.

Однако одного лишь фасциального энтузиазма, к сожалению, недостаточно. Переход на новую, более интегративную функциональную анатомию и на холистический подход невозможно осуществить без полноценного апгрейда всей операционной системы понимания анатомических карт с традиционно-разрозненной по кусочкам на синергетическую.

Основой такой полноценной смены биомеханической парадигмы и новой операционной системой для функциональной анатомии, интегрирующей фасциальную, как раз и является биотенсегрити. Проблема в том, что в ней трудности перевода просто зашкаливают в силу того, что вся обширная новая терминология Б. Фуллера была основана на игре слов и придании нового смысла общепринятым понятиям.

Несмотря на то что в последние 20 лет всю исследовательскую и реабилитационную работу я веду исключительно на английском языке, я убежден в том, что русскоязычное языковое пространство обладает мощнейшим интеллектуальным потенциалом, реализации которого мешает лишь языковой барьер, препятствующий своевременному проникновению новых идей и пониманий.

Поэтому я приношу огромную искреннюю благодарность издательству «Эксмо», которое, несмотря на все риски, связанные с ковид-пандемией и вызванными ею осложнениями бизнес-климата, продолжает свою просветительскую деятельность и издание новых переводных книг в сфере прикладной анатомии, медицины и естественных наук.

Я бесконечно рад возможности донести до русскоязычного читателя идеи и конкретику биотенсегрити-подхода, а также наконец-то приоткрыть наследие Р.Б. Фуллера для широкой аудитории. Работа по редактированию перевода этой книги заняла больше года и вылилась в сотни часов, но, насколько это возможно, я доволен получившимся результатом.

Для меня этот проект глубоко личный и эмоционально окрашенный.

Во-первых, и автор книги «Биотенсегрити...» Грэхем Скарр и основатель биотенсегрити-подхода Стивен Левин – мои очень близкие друзья. Стив – это совершенно удивительный человек поистине космического масштаба. В этом году ему исполняется 90 лет, но скорость, ясность и оригинальность его мышления просто потрясающие. Он, не снижая интенсивности, просто фонтанирует новыми идеями и инсайтами! Грэхем – человек феноменальной эрудиции и способности к «сборке» междисциплинарных пересечений. 400 с лишним источников в библиографии этой книги – всего лишь вершина айсберга того огромного массива информации, который он творчески перерабатывает. Вполне естественно, что я от всей души хочу поделиться их прорывными пониманиями с русскоязычной аудиторией и помочь ей в том, чтобы пересест из биомеханической телеги в биотенсегрити-ракету! К тому же благодаря нашей дружбе я получил карт-бланш на внесение дополнений, изменений и адаптаций,

поэтому получившаяся на русском языке книга существенно превышает объем англоязычного издания, представляя максимально современные трактовки биотенсегрити.

Вторая мотивация более личная. Я переношусь в прошлое на почти 30 лет назад, когда я решил посвятить свою жизнь поиску наилучших решений в реабилитации ДЦП, и задаю себе вопрос: с какой книги я хотел бы начать этот путь? Какой подарок сэкономил бы мне годы блужданий по самым разным физико-математическим закоулкам в поисках новых, сильных и продуктивных математических оснований для реабилитации телесных деформаций и двигательных нарушений? Без тени сомнения, именно книга «Биотенсегрити – структурная основа жизни» была бы самым лучшим и самым полезным подарком любому, кто начинает свой профессиональный путь в теоретических и прикладных науках о живом человеке и их практическом воплощении в терапии, реабилитации и оздоровлении.

Вы можете недоуменно спросить, а какое отношение имеет реабилитация ДЦП к биотенсегрити и к физико-математическим наукам? Самое непосредственное! Парадокс состоит в том, что самая сложная, самая запутанная и самая многоуровневая комбинация нарушений развития тела и двигательных функций, обозначаемая «зонтиком» ДЦП, оказывается медвежьим углом медико-биологических наук. В этой серой зоне доминируют самые концептуально примитивные действия – вытяжения, выравнивания, выпрямления, растяжки, вправления, интенсивная двигательная дрессировка и прочее, сопровождаемые болью, травмами и насилием над личностью. Печально, но содержательно целевые установки и пути решения в реабилитации ДЦП не изменились со времен доктора Уильяма Литтла (1810–1894), который ввел этот диагноз еще в 1860-е годы. ДЦП – это лучший пример того, как простая, интуитивная, инженерно-машинная биомеханика, сущностно не изменившаяся с 1700-х годов, продолжает нести бессмысленные страдания сотням тысяч детей и их родителей. Если мы хотим изменить эти разрушительные практики, мы должны начать с самых первооснов биомеханики. Нам нужен более богатый и содержательный язык для того, чтобы уметь описать динамическую сложность тех проблем и нарушений, с которыми мы имеем дело в ДЦП и других нарушениях детского развития. Иначе мы так и будем продолжать верить в бесперспективные догмы и раз за разом повторять ошибки, которым сотни лет. Наивно думать, что таких же проблем нет в других менее сложных клинических областях. Просто ДЦП – это то увеличительное стекло, через которое ограниченность и ошибочность инженерно-машинной биомеханики видны наиболее ясно и ярко.

Поэтому без математики не обойтись. Вы измеряете углы подвижности суставов? Вы оцениваете ровность позвоночника? Вы сравниваете лево и право? Вы пытаетесь научить правильному движению? Поздравляю вас, вы – геометр! Но без осознания того, что каждая ваша мысль и каждое ваше действие насквозь пропитано скрытой математикой, вы как реабилитолог, врач, массажист или тренер являетесь геометром поневоле. Вы заложник примитивной школьной геометрии Евклида.

Вывод прост: если вы работаете напрямую с людьми и с человеческим телом, то ваш кратчайший путь к прогрессу – это вытравливание из себя Евклида, созвучное чеховскому «по капле выдавливать из себя раба».

Для меня лично это был долгий и сложный путь. Я хорошо понимал, от чего нужно уйти, но совершенно не знал, куда я приду. Я часами анализировал нарушения движения по видео, собирал детальнейший анамнез, скрупулезно отслеживал изменения в детях с ДЦП, с которыми работал, и искал, какая математика описывает динамику ситуаций наиболее точно. Я перепробовал много путей – дифференциальную геометрию, топологию, тензорные поля, вариационный матанализ и прочее, и везде я находил те или иные пространственные связи, которые помогали мне улучшать жизни детей с ДЦП без боли и насилия. Но все это было очень сложно, я складывал образы и ощущения у себя в голове и в теле и научился этим поль-

зоваться и конвертировать в практические методы, но это невозможно было объяснить и передать, тем более реабилитологам, физиотерапевтам, кинезиологам.

Поэтому, оказавшись на мастер-классе по биотенсегрити на Втором всемирном фасциальном конгрессе в Амстердаме в ноябре 2009 года, который вели С. Левин и Д.К. Мартэн, я испытал чувство ни с чем не сравнимой эйфории и облегчения! После 17 лет тяжелого похода по физико-математическим джунглям я наконец-то увидел компактность и ясность в сочетании с бездонной скрытой глубиной. Более того, вместо сложных формул и теорем, которые невозможно передать «телесным» специалистам, в биотенсегрити для моделирования динамического поведения и пространственной связности использовалось прямое тенсегрити-моделирование. После того трудного и одинокого пути через джунгли абстракций я стал биотенсегрити-энтузиастом с самого первого дня. Огромное количество накопленных наблюдений о развитии, теле, движениях детей с ДЦП сразу же начало укладываться в причинно-следственные ячейки и связи. И каждый раз в такой момент у меня всегда всплывала одна и та же мысль: «Как я об этом не знал? Как я умудрился проскочить мимо Фуллера? Сколько времени я бы сэкономил и скольким людям я смог бы помочь, если бы только это знание оказалось передо мной сразу, с самого начала!»

За прошедшие с того времени годы биотенсегрити-подход продвинулся очень далеко вперед и в компактности объяснений, и в интеграции новых наук о сложности, хаосе, нелинейности и т. д., которые стремительно развиваются.

Поэтому сегодняшнему читателю намного проще запрыгнуть в биотенсегрити-ракету, чем десять и даже пять лет назад!

Надеюсь, что те новые призмы и линзы понимания природной реальности, которые дает читателю биотенсегрити-подход, перевернут ваше мировоззрение настолько же сильно и мощно, как они перевернули мое много лет назад, запустив процесс постоянной перезагрузки и пересмотра общепринятых представлений о функционировании живой природы и человеческого тела.

Конечно же, со столь масштабным проектом я не смог бы справиться в одиночку. Бесценную помощь мне оказала Ольга Узлова. В первую очередь благодаря энтузиазму, упорству и педантичности Ольги нам удалось сделать так, чтобы все большое семейство биотенсегрити языка «звучало» на русском. По сути, нам пришлось создать полноценный новояз, потому что фуллеровские понятия попросту не поддаются техническому переводу. Отдельное большое спасибо Ирине Аканиной, взявшей на себя нелегкую роль литературного секретаря и очень быстро превратившей огромную кипу рукописных черновиков в напечатанный отредактированный текст. И еще раз огромная благодарность лично Ольге Шестовой, руководителю группы профессиональной медицинской литературы издательства «Эксмо», за ее безграничное терпение и безусловную поддержку проекта даже в его самые трудные минуты!

Я по-хорошему завидую всем тем, кому еще только предстоит впервые открыть для себя те революционные, взрывающие мозг и переворачивающие сознание идеи, которыми полна книга Г. Скарра «Биотенсегрити – структурная основа жизни», и с большим интересом буду ждать откликов читателей на e-mail: <biotensegrity@yandex.ru>

**Леонид Блюм,**

*Участник-основатель Общества исследования фасции и биотенсегрити-группы*

*Лимассол, Кипр, Февраль 2022*

## **Предисловие к первому изданию**

### **Стивен Левин – первооснователь биотенсегрити**

За те 40 с лишним лет, что я преподаю и объясняю биотенсегрити в самых разных аудиториях – от университетов до медицинских кружков по интересам, я смирился с тем, что для современного человека, воспитанного на понятийном аппарате медицины, анатомии, инженерии и биомеханики, понимание биотенсегрити приходит далеко не сразу.

Многие из моих друзей и коллег смотрели и слушали мою презентацию «Введение в биотенсегрити» по пять, иногда по семь или даже восемь раз, но так до сих пор полностью не поняли, что же это такое. Независимо от того, является ли причиной моя неспособность донести информацию или же сложность самой темы, обычно требуется некоторое время, чтобы в нее погрузиться, а затем проникнуться и пропитаться биотенсегрити-подходом к жизни, живым организмам и биологическим системам, ведущим к полному переосмыслению устоявшихся вековых истин биомеханики и функциональной анатомии.

Тем удивительнее история моего знакомства с Г. Скарром. Мы впервые встретились, когда я выступал с докладом на тему биотенсегрити в Великобритании в 2004 году. Грэхем Скарр подошел ко мне после окончания моего доклада и удивил меня демонстрацией его собственной, прекрасно продуманной тенсегрити-модели руки человека.

До этого мы уже вели переписку по электронной почте, но я не имел ни малейшего понятия о том, насколько высок уровень его способностей, и о том, насколько глубоко он усвоил и впитал в себя концепцию биотенсегрити.

Наш первый разговор длился недолго и был затруднен тем, что он говорил на «мидлэндском» британском английском с акцентом, характерным для нецентральных графств Великобритании, который практически невозможно воспринять на слух американцу! К тому же сам я вырос в Нью-Йорке, и у меня напрочь отсутствует слух в отношении языков. Так что наша первая беседа больше напоминала комическую зарисовку из шоу Бенни Хилла, чем научную дискуссию, но уже этого мимолетного знакомства было достаточно для того, чтобы Грэхем стал моим соратником. Он не просто быстро понял суть биотенсегрити-подхода, но сразу же подхватил мяч и ввел его в игру! Он имеет опыт работы в науке, практические навыки и интуитивное понимание тела, присущее остеопату, а также глубокий интерес к геометрии и техническое мастерство ювелира.

Грэхем – очень разносторонний человек, уникальный сплав нескольких образований и многих талантов. Грэхем начинал как микробиолог в лаборатории, потом овладел мастерством остеопатии, которой занимается уже 30 лет; он – энтузиаст геометрии и мастер на все руки!

В последующие годы между нами завязались дружба и сотрудничество, мы многому научились друг у друга. Электронные письма Грэхема всегда заставляют меня задуматься и зачастую многое переосмыслить. Создаваемые им тенсегрити-модели (которые со временем становятся только лучше!) помогают визуализировать биотенсегрити-подход, при этом стимулируя дальнейшие исследования в нем.

Тенсегрити-модели Грэхема – одни из лучших иллюстративных моделей биотенсегрити, и всякий раз, когда в биотенсегрити сообществе появляется новая идея, именно он быстрее всех разрабатывает иллюстративную модель, которая ее проясняет и позволяет исследовать тему намного глубже.

Несколько раз в год я приезжаю в Европу с лекциями, и мы обязательно встречаемся с Грэхемом. (В ходе наших бесед выяснилось, что он путешествует с большой неохотой, и только



ради биотенсегрити-сообщества он преодолел свою годофобию). По мере того как я все лучше привыкал к его английскому, наши разговоры наполнялись большей глубиной и смыслом.<sup>1</sup>

При подготовке этой книги Грэхем на неделю приезжал ко мне в Вашингтон. Мы много работали у меня дома, но при этом смогли несколько раз выбраться в город, чтобы еще раз рассмотреть знаменитую тенсегрити Needle Tower (Игольчатую башню) скульптора Кеннета Снельсона, которая внесла огромный вклад в популяризацию тенсегрити во всем мире и во многом стала ее символом. Ну, и конечно, мы не могли пройти мимо скелетов динозавров в Смитсоновском музее естественной истории, размышления над биомеханикой которых во многом и подтолкнули меня к первой формулировке идей биотенсегрити почти 50 лет назад.

С годами мы с Грэхемом общаемся все больше, и даже разница в наших акцентах и произношениях нам уже почти не мешает, хотя и остается постоянным источником шуток и курьезов.

Сейчас Грэхем – один из главных мировых авторитетов в области биотенсегрити, а его сайт по биотенсегрити один из лучших в сети Интернет.

И вот наконец выходит и книга по биотенсегрити за его авторством, чему я несказанно рад.

Биотенсегрити – это новая наука, которая находится только в начале своего пути и только в процессе оформления ее формулировок. До сих пор еще не было издано учебника, который рассказывал бы историю и причины зарождения биотенсегрити, объяснял ее структуру и способствовал ее дальнейшим исследованиям. Книга Грэхема Скарра преуспела и в этом, и во многом другом. Теперь этот пробел наконец заполнен.

Более того, своей книгой Грэхем Скарр делает большой шаг вперед. Он сумел донести биотенсегрити-подход доступным языком, при этом не потеряв тонкости и глубины. Тем самым он делает биотенсегрити-подход доступным и понятным для тех, кому биотенсегрити нужнее всего – не только ученым, но и врачам, мануальным терапевтам, специалистам по фитнесу и движению, а также всем тем, кто хочет лучше понять, как работает и как устроено человеческое тело.

Книга «Биотенсегрити: структурная основа жизни» написана доступно и с юмором, с уважением как к описываемому предмету, так и к читателю. Наслаждайтесь!

*Стивен М. Левин*  
*Июнь 2014*

---

<sup>1</sup> Годофобия – панический страх путешествий. – *Примеч. перев.*

## **Предисловие ко второму изданию**

### **Алгоритм биотенсегрити как биологического пространственного каркаса**

Если суммировать все внутриклеточные, внеклеточные и организменные процессы, которые происходят внутри нас в каждую миллисекунду жизни, то их общее количество неисчислимо огромно.

Когда одновременно происходит так много событий, вероятность ошибок также накапливается и становится запредельно высокой, их невозможно избежать.

Чтобы сохранить дееспособность системы, необходим какой-то контроллер, какой-то регулирующий набор правил, который бы поддерживал порядок во всем этом множестве процессов и нивелировал эти неизбежные ошибки.

При строительстве здания таким руководящим алгоритмом является сила тяжести, и инженеры следят за тем, чтобы каждая составляющая конструкции могла безопасно соответствовать ее законам. Обычно мы об этом не задумываемся, но именно внешний фактор, которым является сила тяжести, диктует нам, что может или что не может быть включено в конструкцию здания. Поскольку  $G$  – это внешняя сила по отношению к строительной конструкции, то ошибок необходимо избегать уже на предварительных этапах – в дизайне, в проектировании и, собственно, в строительстве, поскольку рукотворные неживые конструкции не способны сами себя исправлять и обновлять. Поэтому, чтобы предусмотреть возможные разрушения и дефекты материалов, в проект любой конструкции закладывается некоторая избыточность, и всегда есть команда специалистов, которые следят за правильностью проектирования, сборки и последующей эксплуатации. Со временем в нашей цивилизации вокруг таких конструкций и процессов возникла огромная индустрия и обслуживающая ее, все усложняющаяся инженерно-математическая наука, занимающаяся расчетами правильности конструкций и механизмов.

В живых системах совсем другая ситуация!

Во-первых, алгоритм, управляющий самосборкой организмов, внутренний, над ним нет смотрящих инженеров, прорабов и архитекторов. Во-вторых, организмы не изготавливаются по точному и предварительному проекту. Они представляют собой постоянно развивающиеся гетерархические процессы, которые непрерывно и повсеместно порождают структуры, адаптирующиеся к изменяющимся условиям окружающей среды, и способны самообновляться, саморемонтироваться и самовосстанавливаться, когда что-то идет не так.

Стремясь выжить во внешней среде, живые организмы управляют всей этой деятельностью изнутри с максимальной эффективностью и элегантным минимализмом.

Когда я готовился стать хирургом-ортопедом, это существенное различие между зданиями и биологическими организмами еще не было широко признанным. Меня учили лечить механические функции тела, используя регулирующий принцип действия силы тяжести на вес частей тела в качестве основы для любого постурального анализа, функциональной анатомии, любого действия или упражнения, которые я прописывал пациентам. Осознавал я это или нет, но алгоритм влияния силы тяжести в пропорции к весу части тела управлял всем, что я делал в своей ортопедической и реабилитационной практике.

Я стал хирургом-ортопедом в конце 1950-х годов, когда современная инженерно-расчетная биомеханика еще только формировалась и не успела стать догмой. К 1970 годам мой особый интерес вызывали вымершие гигантские животные – как справлялись с силой тяжести они? Как удавалось динозаврам держать их гигантский, многометровый, весящий сотни килограммов хвост в воздухе? Мой хороший друг, который в то время был председателем Амери-

канского палеонтологического общества и одним из ведущих мировых экспертов по динозаврам, любил повторять: «Знаешь, Стив, в песках времени осталось множество отпечатков лап динозавров, но почему-то отсутствуют отпечатки их хвостов!»

Поэтому в какой-то момент мой личный клинический опыт, любовь к физике и здравый смысл заставили меня предположить, что перенос на живые организмы модели строительства небоскреба, зависящей от действия силы тяжести, пропорциональной весу конструкции, – это ошибочный подход. Мы не можем просто так импортировать расчеты углов, сил и векторов из строительных конструкций и машин в анализ механики живых систем, как это делается в функциональной анатомии и биомеханике со времен Борелли! Живые организмы качественно сложнее! Изучив шею диплодока, анатомию бабочек, птиц, обезьян-брахиаторов, лапы динозавров и гигантских ленивцев, организацию живых микроструктур и пропустив через свою клиническую практику несколько тысяч людей, я понял, что сила тяжести частей тела не является руководящим конструктивным принципом в биологии. Я был уверен, что в биологии должен быть совсем иной пространственно-организующий алгоритм. Я стал искать общий организационный принцип, который бы для живых организмов выполнял ту же руководящую структурную роль, что и действие силы тяжести на стабилизацию здания.

И мне пришло в голову, что в качестве своей внутренней опоры тело должно использовать независимый от внешней силы тяжести внутренний трехмерный динамически адаптивный пространственный каркас.

Пространственный каркас – это инженерная структура, в которой рамы спроектированы таким образом, чтобы вести себя как единое самозамкнутое целое и максимально равномерно распределять внутри себя нагрузки через взаимосвязанные треугольники. Поскольку тетраэдр/треугольник – это наиболее жесткая пространственная структура, наименее подверженная локальной деформации, а значит, равномерней и эффективней всего распределяющая внешнюю нагрузку во внутреннюю. Внутри каркаса любые внешние деформирующие сложные нагрузки должны передаваться по всей длине каждой распорки, создавая самозамкнутый пространственный каркас и трансформируясь в «ветвящиеся» комбинации элементарных натяжений и сжатий, уходящих вглубь микроструктур, подобно тому, как это происходит в строительстве мостов.

Исходя из этих первопринципов, я начал поиски универсального биологического пространственного каркаса.

Такой каркас должен быть способен функционировать и в море, и в воздухе, и на земле, и в космосе, будь он расположен правой стороной вверх или вовсе вверх дном, и не зависеть от внешних сил с точки зрения сохранения своей внутренней структурной целостности.

Сначала мое представление было чисто абстрактным, я не мог себе наглядно представить, как именно такой пространственный каркас будет выглядеть. Я понимал, каким условиям биологический внутренний пространственный каркас должен отвечать, но тогда еще не знал, как он будет выглядеть в «ощущении».

И только несколько лет спустя, когда я увидел Игольчатую тенсегрити-башню Снелсона в Музее Хиршхорна в Вашингтоне, округ Колумбия, в 1974 году, то понял, что эта необычная и инновационная конструкция – тот самый пространственный каркас, который отвечает всем этим требованиям. По своему динамическому поведению тенсегрити башня соответствовала всему вышеперечисленному в моем списке желаний! В тот момент мне искренне захотелось воскликнуть: «Эврика!»

С самого первого момента, модель тенсегрити для биологии – биотенсегрити (универсального биологического пространственного каркаса) – задумывалась не как конкретная материальная частная структура, а как наиболее общая динамическая модель вектора сил, своего рода диаграмма невидимых внутренних сил, которая могла бы послужить алгоритмом для

самосборки любого биологического организма, от вируса до позвоночного, со всеми присущими им системами и подсистемами.

В своей основополагающей книге «Синергетика» Фуллер представил свое векториальное равновесие, воплощенное в тенсегрити икосаэдра (базовой структуры Игольчатой башни) в качестве векториальной диаграммы этих запертых внутренних сил. Я начал размышлять о внутренних силах тенсегрити как о механизме, который создает живые организмы. И чем больше я строил тенсегрити-моделей, изучал их динамическое поведение и удивительную способность к поглощению и внутреннему распределению внешней нагрузки, тем больше объяснительного потенциала для биологии я в них находил.

Именно поэтому я настоятельно рекомендую такую практику для каждого, кто хочет понять, что же такое эти загадочные запертые внутренние силы. Это тот самый случай, когда лучше один раз почувствовать, чем 100 раз услышать и прочесть. По сути, тенсегрити-модели это своего рода линза, волшебные очки, которые делают невидимые и запертые внутренние силы очевидными и наглядными.

Однако при работе с тенсегрити-моделями необходимо быть осторожным! Из-за того, что мы можем построить тенсегрити-модель, например икосаэдра, из подручных материалов, может возникнуть соблазн думать, будто кости и мягкие ткани тела сконструированы именно таким образом. Это структурный примитивизм, который я не разделяю.

Очевидно, что тенсегрити икосаэдра, ее различные вариации и комбинации никогда не интерпретировались мной буквально – в качестве фактических, геометрически идентичных анатомических структур внутри организма (Игольчатая башня едва ли буквально похожа на состоящий из позвонков позвоночник!). В биотенсегрити геометрии многогранников Фуллера рассматриваются исключительно как диаграммы тех внутренних сил, которые управляют физическим существованием сомы организма. Эти запертые силы представляют собой каскады внутренних преобразований и должны постоянно приспосабливаться к любой воздействующей на тело внешней силе через подстройку внутренних каскадных «танцев» и «ритмов».

В любом живом организме в любой конкретный момент времени происходит слишком много процессов и событий, чтобы можно было считать его статичной конструкцией с фиксированной геометрической формой. Однако я верю, что силовая векториальная диаграмма тенсегрити икосаэдра – тот самый алгоритмический процесс, который лежит в основе формообразования в биологии.

Хотя может сложиться впечатление, что кости похожи на компрессионные распорки, они, как и все остальное тело, представляют собой гели из мягкой материи, которые обладают как фазой жесткости, так и фазой податливости. Все наши поддерживающие ткани композитные и содержат элементы, которые могут управлять, как и в других пространственных каркасах, распределением натяжения и сжатия между различными компонентами.

В биологических пространственных каркасах происходит непрерывный «танец» сил и элементов натяжения и сжатия, сопровождаемый постоянной сменой партнеров. Живые ткани нашего тела так часто меняют свою динамическую фазу, что, называя ту или иную внутреннюю структуру жесткой или податливой, мы сталкиваемся с вопросом «в какой именно момент?» Помните, как наши мышцы могут принимать разную степень жесткости и податливости, или представьте себе хобот слона и сравните моменты, когда он поднимает им с земли маленький орешек с тем, когда им же он выкорчевывает дерево!

Вместо того чтобы подчиняться внешним силам, наша внутренняя вселенная, начиная от подкожной оболочки и заканчивая нашим внутренним центром, управляется своим собственным алгоритмом, формирующим наш внутренний пространственный каркас, который мы и назвали «биотенсегрити» и который основан на динамике тенсегрити-икосаэдра как значимой универсальной симметрии. Проявление этого алгоритма – наше тело – является воплощением

этих сил, постоянно адаптирующейся структурой, взаимодействующей с внешними силами, такими как сила тяжести, и управляющей ими для удовлетворения собственных нужд.

В силу инженерно-механического характера нашего образования мы все привыкли воспринимать любые модели как неизменные материальные структуры и как архитектурно-строительные чертежи, не «чувствуя» разницы между широтой применимости принципа/архитектуры и ограничениями, накладываемыми конкретным материалом, из которого сделана модель. Поэтому многие биотенсегрити-энтузиасты склонны думать, что созданные мной и коллегами рукотворные тенсегрити-модели отражают конкретные анатомические структуры, и стараются найти их в живых организмах, пытаясь связать названия частей тела с теми силами, что представлены в тенсегрити-моделях. Однако нам следует быть с этим осторожными.

Когда мы приравниваем тенсегрити-модель как диаграмму внутренних сил к тем или иным анатомическим структурам, это заставляет нас воспринимать тело как совокупность линейных твердых тел вместо нелинейных структур из мягкой материи, которыми они в действительности являются. Части тела представляют собой жидкокристаллические структуры, столь же мимолетные, как и изображение на экране вашего телевизора, которое существует лишь одно мгновение и затем исчезает. Неизменная твердость нашего тела – это всего лишь иллюзия. Физические модели тенсегрити не столько моделируют конкретную структуру, сколько представляют собой диаграмму сил, и в биологических организмах эти силы постоянно меняются. Таким образом, модели, которые мы строим в рамках биотенсегрити-исследований, являются отражением баланса сил во времени, центральными областями растяжения или сжатия, материализованными в натяжных струнах и компрессионных распорках модели.

Чтобы полностью понять биотенсегрити, ее необходимо сначала разобрать, а затем заново собрать в мезоморфную совокупность, работающую на разных уровнях: от макромасштаба метров до масштаба нанометров внутри клеток. На каждом уровне масштаба функциональные возможности тенсегрити-комплекса определяются не столько ее отдельными компонентами, сколько синергетической самоорганизацией этих частей в операционную единицу пространственного каркаса, которую невозможно предугадать на основе лишь исследования меньших масштабов и материалов. Алгоритм биотенсегрити указывает нам, что для понимания пространственного каркаса живых организмов физика твердого тела, присущая твердым структурам, должна уступить место физике мягкой материи и ее жидкокристаллическим преобразованиям. Только так можно преодолеть те ограничения, которые классическая ньютоновская физика накладывает на биологию.

В этом плане именно биотенсегрити, а не стандартная инженерно-расчетная биомеханика, попадает в тренд современных наук о сложных системах, которые приводят нас к пониманию, что внутренние процессы в организме больше напоминают тающие часы Дали, чем башню из стекла и стали, будучи более эфемерными и зачастую неизмеримыми.

Биологические существа не инженерные конструкции – это внутренние организованные, эволюционирующие сообщества органической материи, управляемые главным алгоритмом. Наша форма и физиология трансмутируемы и контролируются физикой мягкой материи.

Благодаря такому расширенному пониманию биотенсегрити выходит за пределы только лишь механики опорно-двигательной системы, включая в себя не только структуру, но и функцию – физиологические процессы, происходящие на каждом отдельно взятом уровне.

Механика ДНК, производящий энергию цикл Кребса, внутренняя работа клетки, каждого органа и системы органов, а также интеграция всего организма – все эти уровни живой самоорганизации материи преемственно описываются алгоритмом биотенсегрити.

Все теории начинаются с гипотез, на проверку которых и на отработку всех подводных камней требуется время. То, что зародилось как гипотеза, – тенсегрити-икосаэдра как алгоритм самореализации универсального биологического пространственного каркаса – сегодня является рабочей моделью биотенсегрити как универсальной биологической физиологии, которая

вот уже больше 40 лет выдерживает любые попытки ее опровергнуть. Она имеет самое широкое применение и является единственной из доступных моделей, которая единообразно описывает все формы жизни – вирусы, бактерии, растительный и животный миры.

Окружающий нас мир настолько сложен и многообразен, что ни один человек не обладает достаточным количеством необходимых навыков, чтобы самостоятельно оценить всю значимость той или иной теории. Поэтому я всегда старался привлечь как можно больше людей и умов, для того чтобы максимально развивать, тестировать и обогащать концепцию биотенсегрити и биологических пространственных каркасов.

Роль Грэхема Скарра в развитии биотенсегрити невозможно переоценить. Как никто другой, он сделал исключительно много для признания и внедрения биотенсегрити в жизнь. Грэхем по-новому проработал и изменил биотенсегрити-подход, сделав это абсолютно мастерски: он превратил сырой виноград наших совместных обсуждений и идей в изысканное вино, опьяняющее своей логикой и четкостью изложения. Конечно, с годами это биотенсегрити-вино будет созревать и становиться еще лучше, но уже сейчас я горжусь нашим продуктом и приглашаю читателя выпить этот напиток до дна, прочитав книгу Грэхема Скарра «Биотенсегрити: структурная основа жизни» от первой до последней главы!

*Стивен М. Левин,  
доктор медицины, FACS  
Ezekiel Biomechanics Group,  
Вашингтон, США,  
сентябрь 2018 г.*



## Предисловие Джона Шарки

*Мы можем судить о нашем прогрессе по смелости наших вопросов и глубине наших ответов, по нашей готовности принять то, что верно, а не то, что удобно.*

**Карл Саган**

Мне очень приятно писать предисловие к уже второму изданию книги «Биотенсегрити: структурная основа жизни», написанной моим коллегой и товарищем по Biotensegrity Interest Group (B.I.G.), биологом и остеопатом Грэхемом Скарром. Я с особой тщательностью выбирал вступительную цитату к этому предисловию, позаимствовав ее у героя моего детства Карла Сагана (Sagan, 2013). Поскольку я считаю, что те вопросы и ответы, которые предоставляет модель биотенсегрити, являются не только основой жизни, но и основой устройства Вселенной, или же, если использовать полемическую риторику, той основой, с помощью которой мы можем объяснить все что угодно.

В данной книге поднимаются по-настоящему смелые вопросы, и я искренне верю, что хорошие ответы на эти большие вопросы о жизни и о Вселенной обязательно должны включать биотенсегрити-модели. Второе издание теперь еще включает дополнительные цветные иллюстрации, предоставляет нам пошаговые объяснения, выстраивая цепочку неопровержимых логических доказательств моделей тенсегрити и биотенсегрити как основы жизни, формы и функции. Я надеюсь, что после прочтения нового (второго) издания вы со мной согласитесь.

В жизни всегда будут вещи, о которых мы не сможем рассуждать со 100-процентной уверенностью, равно как и вещи, о которых мы, возможно, никогда ничего не узнаем. Такова природа науки. Если окажется так, что биотенсегрити – это неполная или ошибочная модель, я готов это принять. Однако как ученый и как практик считаю, что наука о биотенсегрити теоретически дала самые убедительные ответы на самые трудные вопросы независимо от того, касаются ли они физиологии движения, физических упражнений функциональной анатомии, практической медицины или чего-то другого.

В работе Грэхема Скарра «Биотенсегрити: структурная основа жизни» меня особенно восхищает то, что эта книга одновременно и строго научна, и в то же время написана очень доступным языком. А значит, послужит интеллектуальным вызовом как для ученых, так и для широкого круга практиков, заставляя пересмотреть многие привычные представления о биомеханике архитектурно-строительных принципов устройства живых организмов и человека.

Все мы нуждаемся в том, чтобы кто-то оспаривал наши устоявшиеся модели и убеждения, используя этичный и научно обоснованный подход. Переосмысление инженерно-расчетной биомеханики, предлагаемое Грэхемом Скарром, кому-то может показаться угрозой нашим устоявшимся убеждениям, я же вижу в этом возможность лучше понять и объяснить то, что кажется сложным или даже невозможным.

В предисловии к французскому изданию «Принципов Философии» французский философ Рене Декарт (1596–1650) использовал дерево в качестве метафоры для отражения своего холистического взгляда на философию. Мне очень интересно, что бы сказал Декарт о биотенсегрити, если бы у него была возможность прочитать эту новаторскую книгу.

И почему-то мне кажется, что, поняв биотенсегрити, Декарт бы пересмотрел свою точку зрения, отказавшись от простых механических представлений, основанных на понятиях корней и опоры. В то время как дерево действительно нуждается в земле как неизменной опоре, для человека она не обязательна! Люди и другие животные могут выжить даже в невесомости, где нет действия силы тяжести!

По сути, биотенсегрити – это понимание биомеханики человека как замкнутых, натяженно-компрессионных, сетевых, самоподдерживающихся контуров, которое приводит нас к выводу о том, что дерево без земли не может, а вот человек может без нее обойтись благодаря его способности к внутреннему самоподдержанию. Вот к таким неожиданным выводам приводит нас биотенсегрити!

Книга Грэхема Скарра будет полна таких сюрпризов и неожиданных выводов. Поэтому я уверен, что Декарт порекомендовал бы эту книгу своим друзьям и коллегам.

Я предлагаю читателям продолжить этот исторический ряд. А что бы подумал Джованни Альфонсо Борелли (1608–1679), автор первой биомеханической концепции о шарнирных и рычажных соединениях в человеческой анатомии, по которым мы во многом живем и сегодня? Изменил ли бы он свою интерпретацию? Я думаю, что да, потому что книга Грэхема Скарра написана в удивительно логической и доказательной последовательности, не избегая сложных вопросов, а предлагая на них новые ответы! Поэтому, мне кажется, окажись это книга хоть у Сократа (399 г. до н. э.), хоть у Да Винчи (1452–1519 гг.) или Микеланджело (1475–1564 гг.), они бы наверняка, подобно мне, с большим энтузиазмом порекомендовали бы ее своим коллегам.

*Джон Шарки,*

*магистр естественных наук,*

*клинический анатом (BACA/Anatomical Society),*

*физиотерапевт (BASES).*

*Факультет медицины, стоматологии и клинических наук Честерского университета, Англия / NTC, Дублин, Ирландия*

*Июнь 2018*

## Предисловие и благодарности

*Путь в тысячу миль начинается с первого шага.*  
**Лао Цзы**

Как биолог и остеопат, интересующийся структурной механикой человеческого тела, я быстро осознал, что традиционные представления о движении и биомеханические расчеты неспособны объяснить очень многие, если не большинство, из тех наблюдений, с которыми я сталкивался на практике, однако очевидной альтернативы для них не существовало. В то же время на протяжении всей жизни у меня был большой интерес к природным узорам, геометрическим паттернам и формам, но который, казалось, ни к чему не приводил, поскольку не было единой концепции, которая могла бы объединить все это воедино. Поэтому, когда Лиз Дэвис (2004a; 2004b) написала пару статей, в которых связывала простые геометрические формы со сложными анатомическими структурами, они стали для меня своего рода зацепкой, возродившей интерес к архивам, которые я собирал на протяжении всей жизни.

Буквально за неделю вся собранная мною информация о природной геометрии была извлечена с пыльной полки, и в ней обнаружилась одна деталь, которая привлекла мое особое внимание, – статья Дональда Ингбера в Сайнтифик Америкэн «Архитектура жизни» (1998), которую я в свое время сохранил как нечто интересное, но так и не удосужился прочитать.

Эта находка произвела на меня настолько сильное впечатление, что к концу недели сделал все то, до чего не доходили руки на протяжении нескольких лет: я нашел статьи Стивена Левина по биотенсегрити, записался на его предстоящую лекцию и начал делать тенсегрити-модель руки на основе того, как я понял биотенсегрити.

Более того, со временем я обнаружил, что написание писем является для меня лучшим способом организовать собственные мысли. К тому же невероятно неожиданно вся моя жизнь перешла в новое движение, и я начал переписываться и встречаться с другими коллегами из областей остеопатии, биотенсегрити и фасциальных исследований. С годами этих людей становилось все больше, и каждый из них внес свой вклад в прогресс моего понимания мироустройства жизни и природы. Таким образом, эта книга во многом есть продукт коллективного творчества, поскольку на мое понимание биотенсегрити повлияло множество людей, с которыми я общался на протяжении последних 10 с лишним лет.

Однако среди всех отдельного упоминания заслуживает Стивен Левин – мой близкий друг и наставник. Я бесконечно благодарен ему за его терпение, мудрость и за те многочисленные часы, которые мы провели в совместных обсуждениях биотенсегрити. Многие из идей, представленных в этой книге, – результат наших бесед и совместных лекций на протяжении нескольких лет, но лишь малая часть из них была опубликована ранее в статьях и выступлениях. И вот наконец пришло время воздать должное этим пониманиям и дискуссиям, изложив их в книге.

Именно С. Левин первым применил синергетическую геометрию Б. Фуллера к биологии, обосновав преимущества тенсегрити-интерпретации устройства живых организмов, перед традиционной «рычажной» моделью биомеханики, исходя из постулатов о первичности адаптивной динамической самостабилизации пространственного каркаса как самой основы биологической организации.

С помощью простых тенсегрити-моделей он продемонстрировал наглядную взаимосвязь между динамической структурой, самозамыканием внутренних сил в единый самостабилизирующийся контур и минимизацией необходимых на это энергозатрат.

Именно первичность внутренней самоустойчивости и самостабилизации – биомеханического гомеостаза – выделяет концепцию биотенсегрити как, на мой взгляд, наилучший фундамент для понимания сущности сложных живых структур.

В то время как традиционные биологические представления о «главных двигателях» эволюции акцентируют именно поведение организмов во внешней среде и их способности к добыче пищи и к размножению в качестве главных драйверов эволюционного процесса, биотенсегрити-подход более фундаментален. Биотенсегрити задается более глубоким и фоновым вопросом: «А что предшествует любому действию организма?»

Иначе говоря, как перед, так во время, так и после любых внешних действий организм должен сохранять и динамически адаптировать свою внутреннюю суперстабилизацию на ВСЕХ масштабах – от метров до сантиметров, до микрон и до нанометров! Это самое первичное и необходимое условие, предшествующее не только выживанию через пищевое поведение во внешней среде, но и самой фоновой возможности существования, роста и развития живых организмов.

Как ни удивительно, эти, казалось бы, очевидные основы и предпосылки биологической организации как таковой на удивление поверхностно и слабо проработаны в современной науке. Биомеханика рассматривает живые организмы по тем же инженерно-расчетным лекалам и формулам, что и искусственно спроектированные, а не спонтанно самоорганизовавшиеся, механизмы, машины и строительные конструкции, в основе которых лежат системы строительных блоков и рычагов, приводимых в движение моторами.

Чем больше мы узнаем о свойствах живой материи, о самоорганизации и нелинейности ее поведения, тем менее и менее адекватной выглядит такая идеализация. Она, конечно же, удобна для расчетов, но при этом совершенно оторвана от податливой, пластичной, иррегулярной и неожиданной биологической реальности, динамически возникающей в своей эмерджентности.

В традиционную биомеханическую модель строительных блоков заложена структурная неспособность к самостабилизации, заложена зависимость от положения в пространстве, заложена необходимость высокопрочных материалов, жестких креплений и точных расчетов – все то, чего в живой природе с очевидностью не наблюдается. Более того, в основу инженерных расчетов биомеханики заложена модель системы рычагов, которая по самой своей природе генерирует напряжение сдвига вкупе с угловыми моментами и предполагает возникновение локальных пиковых концентраций нагрузок, которые неизбежно бы приводили к разрушению живых тканей.

Биотенсегрити считает традиционную модель и сами концептуальные основания биомеханики неудовлетворительными, и именно С. Левин имел научную честность и личную смелость открыто говорить об этом!

За прошедшие 40 лет из первых ростков, заложенных С. Левином в 1970-е годы, биотенсегрити выросло в самостоятельное направление, и возникло сообщество, которое по всему миру объединяет сотни исследователей и практикующих специалистов в самых различных областях.

Огромную роль в формировании настолько живого, активного и продуктивного всемирного сообщества биотенсегрити принадлежит Biotensegrity Interest Group (B.I.G.), неформальному объединению со скромным названием «Биотенсегрити кружок», который объединил ядро исследователей и энтузиастов из многих стран.

Я приношу свою глубокую благодарность доктору философии в области физики Даниэль-Клод Мартен, без всепроникающего энтузиазма и упорства которой этот неформальный мозговой центр биотенсегрити не был бы создан.

Также большое ей спасибо и за все беседы и дискуссии, надолго и во многом стимулировавшие работу моей мысли, а также за то, что позволила мне повторно использовать изоб-

ражения из ее книги (2016). Спасибо Нику Вудхеду, Крису Стэплтону, Андреа Риппе, Яну Шофилду, Полу Серку, Джону Шарки и всем из V.I.G. за предоставленную возможность слушать других и транслировать и развивать свои собственные мысли; Стивену Левину и Джону Шарки за чтение и комментирование моей рукописи; Джоан Ависон – за то, что указала мне в направлении издательства Handspring; а также Джейн Райли за поддержку в углублении моего интереса к функциональной анатомии и за совет, что книгой надо заняться в первую очередь.

Особая благодарность моему приемному сыну Рори Джеймсу за фотосъемку тенсегрити-моделей в качестве иллюстраций к данной книге и моему сыну Джейкобу Скарру за помощь в процессе фотографирования и подготовки материала. Я также хочу поблагодарить Крис Клэнси, Дональда Ингбера, Джона Шарки, Тео Дженсена и Тома Флемонса за возможность использовать их собственные изображения; Джеральда де Йонга – за создание сделанного на заказ изображения его прыгающей сферы; Дона Эдвардса, Хелену Харрисон, Стивена Левина и Тео Янсена за то, что они позволили мне сфотографировать предметы из их коллекций; Марию Гоф – за предоставление копии изображения выставки ОБМОХУ 1921 года в высоком разрешении; Витаса СанСпирала – за помощь в получении прототипа Super Ball Bot, воспроизведенного в НАСА Эймс/Эриком Джеймсом, с исследованиями, выполненными Витасом Спиралом, Адрианом Агоджино и Джорджем Гороспом из НАСА Эймса, в Лаборатории Dynamic Tensegrity Robotics; Джонатаном Брюсом из Калифорнийского университета в Санта Крус; Дрю Сабельхаус и Алисой Агоджино из Калифорнийского университета в Беркли; Атиль Исчен из Орегонского государственного университета; Джордже Корбел., Софи Милам, Кайле Морсе и Дэвиде Аткинсоне из Университета Айдахо; с моделью, построенной Кеном Калувартсом из Гентского университета.<sup>2</sup>

Я также благодарен Крейгу Невину за эскиз ленты Мёбиуса в области бедра и ноги; Даррену Эйнсворту – за объяснение того, как работает копыто лошади; Дэвиду Хоэншурцу-Шмидту и Крису Стэплтону – за обсуждение актуальности биотенсегрити в клинической практике; Нику Хеддерли – за предоставление информации о раннем конструктивистском искусстве в России; Стивену Дибне – за то, что он привлек мое внимание к особому расположению пузырьков на поверхности перемешиваемого в чашке кофе; и любому, кого я случайно не учел. Наконец, пожалуй, самое важное – это сотрудники Handspring Publishing, с особой благодарностью Сарене Вольфард, Эндрю Стивенсону, Салли Дэвис и Брюсу Хогарту за их замечательную работу по созданию этой книги.

Биотенсегрити дает исследователям, преподавателям и практикующим специалистам намного более глубокое и, главное, реалистичное понимание человеческого тела, и цель этой книги состоит в том, чтобы начать путь к переосмыслению нашего понимания анатомии и физиологии в свете новых открытий. Подобно тому, как любая часть структуры тенсегрити оказывает влияние на другие ее части, каждая глава данной книги опирается на все остальные – следует помнить об этом, чтобы оценить их по достоинству.

В каждой новой сфере всегда стоит вечная дилемма: как сделать так, чтобы было понятно и интересно новичку, который впервые услышал о предмете, и как одновременно не разочаровать тех, кто занимается темой давно и глубоко в нее погружен. Насколько хорошо мне удалось отобразить содержание основных идей и прикладных приложений биотенсегрити в этой книге, судить, конечно же, читателю. Я приложил максимум усилий к поиску такого баланса при написании этой книги, особенно при подготовке расширенного и переработанного второго издания.

Во втором издании в качестве иллюстрации по-прежнему используются простые тенсегрити-модели, а также изображения геометрических паттернов и природных форм, помогающие провести читателя через первопринципы биотенсегрити (которые на самом деле очень

---

<sup>2</sup> Dynamic Tensegrity Robotics Lab –} Лаборатория робототехники динамической тенсегрити. – Прим. перев.

просты); при этом в нем содержится и много нового материала, поскольку эта область продолжает развиваться.

Центральный вопрос этой книги, который часто звучит: что такое (био) тенсегрити? Однако эта книга не учебник, транслирующий общепринятые ответы, а в первую очередь личная точка зрения, шаг на пути познания природы живых форм и ключ к лучшему пониманию их физиологии.

*Грэхам Скарр,  
Дипломированный биолог,  
член Королевского общества биологии (FRSB),  
член Линнеевского общества (FLS)  
Стэплфорд, Ноттингемшир, Великобритания,  
апрель 2018 г.*



## Глоссарий

**Агонист** мышца, вызывающая движение за счет своей собственной сократительной активации путем создания вращательного момента в суставе

**Адгезивная молекула (Молекулы клеточной адгезии)** мембранный белок, который соединяет внутренний цитоскелет одной клетки с внеклеточным матриксом или цитоскелетом другой клетки

**Актин** глобулярный белок (G-актин), который может полимеризоваться в длинные волокна (F-актин), называемые микрофиламентами

**Актин-миозиновые двигатели** комбинация белков актина и миозина, которые регулируют натяжение в цитоскелете

**Альвеола** концевая часть дыхательного аппарата млекопитающих в форме пузырька, открывающегося в просвет респираторных бронхиол, отделенная от окружающих капилляров базальной мембраной

**Аминокислота** одна из 22 органических молекул, в которых одновременно содержатся карбоксильные и аминные группы

**Анкирин** периферический мембранный белок, связывающий примембранный актин-спектриновый цитоскелет с интегральными мембранными белками

**Антагонист** функционально «сдерживающая» мышца, которая создает вращательный момент в суставе, противоположный активирующей движение мышце-агонисту

**Антипризма** полуправильный многогранник, состоящий из двух одинаковых и параллельных многоугольников (оснований), соединенных между собой чередующейся полосой с треугольными гранями

**Апериодический (несистематический)** нерегулярный, не повторяющийся паттерн

**Апоневроз** глубокая фасция в виде листа фиброзной ткани, которая имеет большую поверхность и площадь крепления к надкостнице и передает силы натяжения между мышцами

**Артериальный конус (Воронка)** гладкостенная воронкообразная часть правого желудочка спереди от отверстия легочного ствола в птичьем легком

**Аттрактор** область фазового пространства, вокруг которой будет стремиться развиваться динамическая система

**Ауксетический** особое свойство материала, имеющего отрицательное значение коэффициента Пуассона, состоящее в том, что при растяжении (удлинении) материал утолщается, то есть его ширина увеличивается перпендикулярно приложенной силе (в отличие от типовых материалов с положительным коэффициентом Пуассона, которые при удлинении истончаются)

**Базальная мембрана** внеклеточный матрикс, отделяющий соединительную ткань от клеток различного генеза (эпителиальных, мышечных и т. д.)

**Бедренная кость**

**Бедренно-менисковый сустав** сочленение между бедренной костью и менисковыми хрящами

**Большеберцовая кость**

**Вектор** геометрическое понятие, обозначающее направленный отрезок, который имеет как величину, так и направление

**Вертекс (вершина)** точка пересечения сторон и граней многоугольника

**Всенаправленный** одновременно направленный во все стороны – специальный термин, введенный Б. Фуллером, для подчеркивания отличия синергетической геометрии от стандартной координатной «трехмерности». А) Акцентирует одновременность всех направлений. Б) Отказывается от особого статуса осей координат x, y, z как тех, через которые вторичным образом выражаются (высчитываются) все остальные направления. По своей этимологии и

смыслу происходит от теологического «всеприсутствующий» («божественная сущность, присутствующая везде, всегда и одновременно)

**Вырождение** процесс упрощения системы, в которой один или несколько исходных переменных параметров перестают оказывать влияние на ее поведение, обращаясь в ноль. (Пример: Прямая линия – вырожденный частный случай кривой при коэффициенте кривизны, равном нулю.)

**Вязкоупругий** материал, одновременно обладающий как свойством вязкости (относительного сдвига слоев), приводящей к динамической податливости, так и упругости, приводящей к динамической жесткости, которые в сумме дают непропорционально изменяющийся (нелинейный) во времени и пространстве отклик ткани, зависящий от динамических характеристик приложенной силы

**Геодезическая линия** кратчайший путь между двумя точками: прямая линия в евклидовом пространстве и кривая линия соответствующего коэффициента кривизны – в сферическом и гиперболическом пространстве

**Гетерархия** многоуровневая организация, где каждая часть влияет на все остальные части во всех направлениях (система, образованная пересекающимися, разнообразными и одновременно сосуществующими структурами управления – не только от нижнего к верхнему уровню организации и от верхнего к нижнему, но и на/между одинаковыми уровнями)

**Гидрофильный (гидрофильность)** способность хорошо впитывать воду

**Гироид** бесконечно связанная трехпериодическая минимальная поверхность, которая не содержит прямых линий и аккуратно (без выступов за пределы) вписывается в куб

**Гленоид** неглубокая грушевидная суставная поверхность, расположенная на латеральном углу лопатки, прилегающая к головке плечевой кости

**Гликолиз** ферментативный процесс последовательного расщепления глюкозы в клетках, сопровождаемый синтезом АТФ

**Глицин** самая маленькая из всех аминокислот, уникальность которой заключается в том, что она не имеет хирального аналога

**Головка плечевой кости**

**Головоногие** класс моллюсков, характеризующий двусторонней симметрией, который включает наутилуса, кальмара и осьминога

**Грудино-ключичный сустав**

**Грудно-ключичный отдел** переходная зона между жесткой грудной клеткой и подвижным поясничным отделом позвоночника

**Деформация материала, объекта, структуры** эффект от воздействия силы

**Джиттербаг** (назван в честь парного танца, популярного в 1940–1950-е годы) колебательная энергетическая система каскадной ритмической взаимопередачи внутренних сил, описанная Бакминстером Фуллером

**Димер** сложная молекула, составленная из двух фрагментов более простых молекул (мономеров)

**Дистальный (периферический)** характеристика расположения частей тела, органов в пространстве и по отношению друг к другу, указывающая на удаление от центра и приближение к периметру

**Жидкие кристаллы** материал, который может изменять фазу из одного состояния в другое при наличии термического, механического или электрического воздействия

**Зазубренность (зубчатость)**

**Закон Вольфа** эмпирическая закономерность, указывающая на способность кости здорового человека или животного адаптации к нагрузкам путем структурной морфологической перестройки (увеличения плотности и прочности кости при увеличении нагрузки и уменьшения плотности и прочности кости при уменьшении нагрузки)

**Закон Дэвиса** наращивание мягких тканей происходит путем образования новых клеток в ответ на наибольшую, но постоянную приложенную силу (растягивание) – аналогичен закону Вольфа

**Законы Менделя** принципы передачи наследственных признаков от родителей к их потомкам.

**Иерархия** нисходящая организация, где верхний уровень последовательно влияет на все нижеуказанные

**Избыточность** система, которая содержит больше компонентов, чем это необходимо для выполнения ею данной частной функции; система, которая может использовать структурно разные компоненты и пути для выполнения аналогичных функций

**Избыточный неконтролируемый перегиб** результат избыточного сжатия материала при изгибании или скручивании, ведущий к коллапсу несущей конструкции и утрате ей несущих свойств

**Интерстиций (межтканевое пространство)** внеклеточный матрикс между и вокруг клеток, заполненных интерстициальной жидкостью

**Информационная РНК** форма РНК, которая содержит информацию о первичной структуре белка; синтезируется на основе ДНК и как матрица участвует в синтезе белка

**Кадгерин** относится к основному классу молекул клеточной адгезии, участвует в механическом соединении клеток друг с другом

**Квазикристалл** организация атомов или молекул с кристаллическими свойствами (в основном обладающая упорядоченностью), но, в отличие от истинного кристалла, не повторяющая себя в точности во всех направлениях

**Квазипериодический** в основном повторяющийся паттерн, но содержащий в себе соотношения, соответствующие иррациональным числам, и имеющий элементы непредсказуемости

**Кинематика** раздел физики, изучающий механическое движение тел, с акцентом на геометрию организации движения (динамические связи, степени свободы, ограничения и т. д.) – качественный аспект движения

**Kinetics** раздел физики, изучающий механическое перемещение тел в пространстве, с акцентом на силы и массы – количественный аспект движения

**Ковалентная связь** прочная химическая связь между двумя атомами за счет пары электронов, принадлежащих одновременно обоим атомам

**Коленная чашечка**

**Крестцово-бугорные связки** жесткие соединительные ткани между крестцом и седалищными буграми

**Крестцово-остистая связка** прочная треугольная связка, верхняя точка которой прикрепляется к седалищной кости сбоку, а основание соединяется с крестцом и копчиком

**Крестцово-подвздошный** суставное соединение между позвоночником и тазом

**Ламели** продолговатые пластины, отличительными признаками которых являются упругость и малая индивидуальная подвижность в составе структуры

**Лента Мёбиуса** односторонняя поверхность, образованная путем скручивания одного конца полосы и соединения ее с другим концом

**Лобок (лобковое сочленение)** соединение между двумя лобковыми костями в передней части таза

**Локтевая кость**

**Лопатка**

**Мезенхима** эмбриональная ткань, которая образуется между энтодермой и эктодермой

**Мезенхимальная клетка** подвижные клетки, которые могут свободно перемещаться внутри биологических тканей и между ними, например, фибробласты и остеобласты

**Мезокинетический** новый термин, заменяющий мышечно-костную дихотомию и включающий в себя кости, мышцы и соединительные ткани в объединенном интегральном динамическом поведении, регулирующем биомеханический гомеостаз через адаптивную подстройку параметров жесткости и податливости структуры в целом

**Мезофаза** агрегатное состояние вещества, промежуточное между жидкостью и твердым телом, например жидкие кристаллы

**Мезоскопическая физика** раздел физики конденсированных сред, в котором рассматриваются свойства систем на масштабах промежуточных между макроскопическим и микроскопическим

**Мениск** хрящевая прокладка, которая выполняет роль амортизатора в суставе

**Метафизический (метафизика)** раздел философии, занимающийся исследованиями первоначальной природы реальности, мира и бытия как такового

**Миофибробласт** название указывает на промежуточный статус между мышечными («мио-») клетками и клетками соединительной ткани – происходящая из фибробластов мезенхимальная клетка, которая создает натяжение во внеклеточном матриксе («очень сильный» фибробласт)

**Митоген** пептид или небольшой белок, который запускает процесс деления (митоза) в клетке

**Мицеллы** частицы, состоящие из совокупности гидрофильных и гидрофобных частей, которые автоматически принимают форму шара

**Мозаика Пенроуза** непериодическое (апериодическое) разбиение плоскости с симметрией 5-го порядка, которое никогда не повторяется

**Мозжечок** отдел головного мозга позвоночных, отвечающий за координацию движений

**Модуль Юнга (модуль упругости)** мера жесткости линейного упругого материала, выраженная как отношение внешней нагрузки к его внутренней деформации (характеризует способность материала сопротивляться растяжению, сжатию или упругой деформации)

**Модульность (вложенность)** свойство сложной системы, которая устроена как вложенные друг в друга, внутренне связанные, но слабо сопряженные между собой модули (противопоставляется сильной сопряженности – механической непрерывности сплошных сред)

**Мягкая (мягкотельная) материя** относительно новая область исследований, которая соответствует новой и все еще развивающейся физике неканонических материалов, находящихся в смешанных агрегатных состояниях, и включает в себя полимеры, коллоиды, поверхностно-активные вещества, жидкие кристаллы и биологические материалы

**Мягкая ткань** относительно податливая биологическая ткань (на уровне прямого тактильного восприятия) характеризует большинство биологических тканей, используется для обозначения отличия от «твердых» тканей – кости, камни, кристаллы

**Надколенно-бедренная** область перехода между бедром и коленной чашечкой

**Надкостница** жесткий, чувствительный к боли, слой коллагеновой ткани, покрывающий поверхность кости

**Нановолокно** небольшое волокно на наноуровне (наномасштабе) ( $10^{-9}$  метров)

**Наноструктура** любая из структур, относящихся по своим размерам к наноуровню (наномасштабу) ( $10^{-9}$  метров)

**Напряжение (нагрузка)** действующая на материал, объект, структуру внешняя сила

**Напряжение сдвига** результат двух векторов силы, которые идут рядом друг с другом, но в противоположных направлениях

**Нотохорд** предшественник позвоночника у эмбриона всех хордовых

**Остеобласт** мезенхимальная клетка, синтезирует и секретирует компоненты межклеточного вещества (ВКМ), участвует в формировании кости

**Отведение** движение, которое отводит конечность (руку и ногу) – сдвигает ее положение в направлении от срединной линии тела

**Пентамер** молекула, состоящая из пяти субъединиц

**Периодический (систематический)** регулярный повторяющийся паттерн

**Перихондриальные клетки** клетки, окружающие развивающийся хрящ

**Плечевая кость**

**Плечевой сустав**

**Подвздошный гребень (подвздошная кость)** парная губчатая кость, участвует в образовании боковых стенок таза

**Полимеризация** процесс образования полимера путем присоединения мономеров к активным центрам двумя способами: ступенчатым и цепным

**Полулунная выемка (Большая сигмовидная полость)** большое углубление в верхней части локтевой кости

**Поперечное** сечение, горизонтальное или перпендикулярное длинной оси

**Приведение** движение, которое приводит конечность (руку и ногу) – сдвигает ее положение в направлении к срединной линии тела

**Проксимальный** указание на место положения конечности, органа или его части ближе к телу или к срединной его плоскости

**Проприоцепция** сенсорное ощущение своего тела и действующих на него сил

**Протеогликан** сложная белково-углеводная молекула внеклеточного матрикса

**Пучок** пучок фасциальных волокон с вкраплениями мышечных волокон, единица иерархической организации мышцы

**Разгибатель** мышца, увеличивающая угол в сагиттальной плоскости между костями, соединенными суставом

**Рычаг** простой механизм, который связывает усилие, необходимое для перемещения груза, с расстоянием до него от точки опоры

**Самонапряжение (оно же – остаточное напряжение, фоновое напряжение)** внутренние самозамкнутые «запертые» силы, присущие данной структуре, которые для нее являются характеристическими (неотъемлемыми), и никогда не вырождаются (не обращаются) в ноль

**Сгибатель** мышца, которая уменьшает угол в сагиттальной плоскости между костями, соединенными суставом

**Седалищная кость** парная губчатая кость, участвует в образовании задненижней стенки таза и воспринимает основную нагрузку верхней части тела в положении сидя

**Сесамовидная кость** кости, подвешенные в более плотных соединительных тканях (то есть все кости)

**Сеть тесного мира** сложная система, где каждая модульная часть связана со всеми остальными на нескольких уровнях посредством относительно небольшого количества соединений (Также известна как сеть «малого числа рукопожатий» – отражает высокую связанность современного мира. Название возникло в ответ на исследование, показавшее, что даже в большой стране (такой, как США) путь от любого человека к любому, включая президента, не превышает шести-семи рукопожатий-контактов.)

**Сигнальный каскад** изменение активности одной молекулы, стимулирующее реакцию в отдаленной молекуле через ряд взаимосвязанных шагов

**Силы Ван дер Ваальса** слабые электромагнитные силы (притягивающие или отталкивающие) между атомами и молекулами

**Синергия (анатомическая)** суммирующий эффект совместной работы двух мышц, превосходящий сумму их работ по отдельности

**Синовиальный сустав** область между двумя костями, содержащая синовиальную жидкость и позволяющая движение

**Сочленение (сустав)** подвижная область между двумя костями, в которой происходит вращение или сдвиг

**Стерическое отталкивание (стерический эффект)** влияние пространственного объема молекулы на поддержание установленного расстояния от других молекул

**Суставная капсула** фиброзная соединительная ткань, охватывающая синовиальные суставы

**Тетрамер** молекула, которая состоит из четырех отдельных частей

**Тор** геометрическая форма, напоминающая пончик или внутреннюю камеру велосипедного колеса, в центре которой находится гиперболический катеноид

**Транскрипция** переписывание (перенос) генетической информации с ДНК на информационную РНК

**Трансмембранный** мембранный белок, который имеет активные центры на обеих сторонах клеточной мембраны

**Тример** молекула, состоящая из трех субъединиц

**Фермент, энзим** белковые молекулы, молекулы РНК или их комплексы, ускоряющие химические реакции в живых системах

**Фибронектин** гликопротеин внеклеточного матрикса, который связывает коллагеновые волокна с интегринами клеточной мембраны

**Филоподий** нитевидный или волосковидный вырост плазмодия, содержащий микрофиламенты; образует очаговые спайки с субстратом, связывая их с поверхностью клетки, что позволяет клеткам перемещаться по базальной мембране

**Фрактал** математическая структура с дробным измерением от 1 до 2 или от 2 до 3, поведение которой аналогично поведению самоподобных структур, возникающих (эмерджентных) в биологических структурах в размерах/масштабах разных порядков (от метров до нанометров)

**Фуллерен** молекула в форме замкнутого выпуклого многогранника, составленная из трехкоординированных атомов углерода, напоминающего геодезический купол, и названная в честь Бакминстера Фуллера

**Хиральность** закручивание материала влево (против часовой стрелки) или вправо (по часовой стрелке) с образованием спиральности

**Хитин** природный полисахарид, главный компонент в экзоскелетах членистоногих, таких как насекомые, крабы и лобстеры

**Хондроцит** основная клетка хрящевой ткани

**Частота** репрезентация расширяющихся энергетических уровней, используемых Бакминстером Фуллером для понимания взаимосвязи между простотой и сложностью

**Четырехглавая мышца (квадрицепс)** четырехглавая мышца бедра, которая занимает практически всю переднюю часть бедра

**Эластин** фибриллярный белок, который позволяет ткани после деформации вернуться к своей обычной форме

**Эмерджентное (возникающее) свойство** характеристика динамического поведения сложной системы, присущая ее структурной организации в целом, но не присущая ее компонентам по отдельности, проявляющаяся только во время взаимодействий (скрытая при отсутствии динамических взаимодействий)

**Эмерджентность (возникновение)** характеристика динамического поведения, указывающая на появление у системы свойств, не присущих ее элементам в отдельности, в процессе их взаимодействий друг с другом и с окружающей средой

**Эндоскелет** механизм, обеспечивающий опору, движение, форму тела за счет внутреннего пространственного каркаса

**Эпителиально-мезенхимальный переход** процесс, посредством которого эпителиальные клетки теряют свою адгезию друг к другу и становятся мезенхимальными клетками, свободно подвижными и мигрирующими

**Эпителий (эпителиальная ткань)** это совокупность клеток, тесно прилегающих друг к другу в виде пласта, лежащего на базальной мембране, которые имеют тенденцию выравнивать поверхности клеточного субстрата

**Экзоскелет** внешний тип скелета, который поддерживает и защищает тело, например свод черепа и хитин насекомых

## Введение

# Стратегия природы при создании биологического дизайна

*Прежде чем погрузиться в изучение новой области, сначала убедитесь, что вы хорошо ее понимаете.*

*Аноним*

Чем бы ни занимался человек, у него есть две основные мотивации – негативная и позитивная. Негативная мотивация – это неудовлетворенность тем, как есть сейчас, достаточно сильная для того, чтобы преодолеть привычки, конформизм, страх осуждения и иметь решимость отказаться от устоявшихся стандартов и догм. Позитивная мотивация – это в первую очередь интерес, влечение к чему-то новому, необычному, более гармоничному.

В истории биотенсегрити и в моей личной истории биотенсегрити-энтузиазма есть и то и другое.

Я начинал как микробиолог, работающий в лаборатории, но желание непосредственной работы с живыми людьми оказалось сильнее, и вот уже более 30 лет я практикующий остеопат. Я много учился, сдал много экзаменов по анатомии, физиологии и организации двигательной функции, но самое главное ощущение, которое возникает, когда начинаешь непосредственно работать с людьми, – это изумление от того, насколько богаче и глубже живой отклик от тела, чем то, что изображено и написано в учебниках.

Я много общаюсь на конференциях и поддерживаю активную переписку со многими коллегами и еще не встречал ни одного человека с клиническим опытом, думающего иначе.

Как же так происходит? Казалось бы, современная анатомия за почти 500 лет своего существования накопила объем знаний, не имеющий себе равных в любой другой сфере. Она классифицировала структуры в соответствии с современными представлениями и пыталась понять их функции с помощью самых новейших технологий. Однако при переходе к функциональной анатомии как попытке оживить весь этот объем фактов биомеханикой самостабилизации и движения, сразу всплывает огромное число противоречий и нестыковок.

Примеры таких противоречий – низведение фасций и другой соединительной ткани до выполнения простых вспомогательных ролей (оболочек и обмоток); приверженность надуманной системе рычагов в позных и двигательных функциях, нагружающей ткани разрушающими напряжением таких величин, которые они попросту не смогли бы выдержать; а также приверженность идеям опорного позвоночного столба; примитивность классификации мышц по простым геометрическим осям и плоскостям «работы» и т. д.

Все эти идеи были выдвинуты во времена, когда практически не было серьезной альтернативы простым строительным и механическим аналогиям. Но получилось так, что это упрощенное понимание оказалось удивительно живучим и сохранилось до наших дней. К сожалению, попытка упростить понимание живых организмов до строительно-машинных аналогий и избыточный фокус на прямом импорте инженерно-физических формул привели к тому, что академическая биомеханика оказалась в сложном положении. С одной стороны, конечно, благодаря новым материалам и компьютерным расчетам за последние 50 лет произошла настоящая революция в протезировании конечностей и суставов.

Однако за эти же 50 лет инженерно-расчетная биомеханика фактически никак не повлияла на методы лечения, профилактики и реабилитации заболеваний и дисфункций костно-мышечной системы. Именно в этом состоит главная негативная мотивация в поиске альтерна-



тив: «С биомеханикой и основанной на ней функциональной анатомией что-то сильно не так! Они не помогают, а скорее мешают клинической практике!»

Спросите любого специалиста в области мануальной медицины, остеопатии, физиотерапии, двигательных практик, фитнеса: что главное? Умение высчитывать углы и оси или, чтобы помогать клиентам и пациентам, нужно научиться видеть и ощущать?

Но, с другой стороны, на одном только ощущении и накопленной интуиции, без теоретической поддержки и помощи в формировании большой картинки того, как на самом деле работает тело человека, тоже сложно!

Более того, за последние 10–15 лет наше представление об анатомии радикально расширилось благодаря новым методам визуализации и компьютерного моделирования.

Среди главных изменений – понимание повсеместности и важности фасциальной системы. От пальцев ног до самой макушки! На всех масштабах и размерах фасция – это единая сеть передачи натяжений, а не просто оболочки и волокна, которые раньше просто счищались скальпелем как малозначимые.

Однако эта же фасциальная революция означает и другое – исчезновение четких границ между анатомическими структурами, которые перестали быть однозначными до той степени, что они смешиваются друг с другом (Guimberteau & Armstrong, 2015; Stecco, 2015). Тем удивительнее, что такое, казалось бы, смешение анатомических элементов, наблюдаемое нами извне, в реальной внутренней функциональной анатомии организма не вносит никакой неразберихи и не является препятствием к его полноценному функционированию.

Представьте себе, что произошло бы, если подобная нечеткость и смешение границ образовались бы в рукотворных инженерных механизмах. Очевидно, что их функция была бы сразу утрачена. Однако в отличие от машин живые реальные анатомические структуры просто «не обращают внимания» на такое смешение!

Это означает, что, к сожалению, простая и привычная геометрия Евклида и основанные на ней инженерно-расчетные формулы не дают нам инструментария для того, чтобы продуктивно работать со столь сложной реальностью, как анатомия внутреннего устройства живых организмов.

Что же делать? Есть только два пути.

Первый путь, исторически избранный функциональной анатомией и расчетной биомеханикой, заключался в отрицании сложности биологической реальности и упрощении ее до того примитивного представления (биологического аналога машины), которое поддается непосредственному восприятию и простым инженерным расчетам. Однако очевидно, что этот путь принципиально ошибочен, он ведет в тупик и заставляет нас принимать неверные клинические решения. Такая «инженерность» создает иллюзию понимания, приводящую к снисходительному «мы знаем лучше», «расчеты показали, что природа механически неэффективна», а также к неоправданному желанию улучшить, исправить и починить природные решения, за которое природа нас рано или поздно наказывает.

Второй путь, новый, неизмеримо более сложный, но единственно верный. Он заключается в том, чтобы признать реальную сложность биологических систем и анатомических структур и отказаться от попыток втиснуть эту сложную и тонкую реальность в игольное ушко простых инженерных шаблонов. А это значит, что нам необходимо открыть поиск такого научного инструментария, который позволит начать понимать «смешанную», переменчивую, спутанную внутреннюю реальность живых организмов.

Чтобы правильно понимать здоровье, дисфункцию и болезнь в свете новых анатомических знаний об интегративности и смешанности фасциальной системы (в более общем виде, внеклеточного матрикса), мы должны сначала изучить, как организовано само тело (как построена система), как оно работает изнутри, вживую! А это, в свою очередь, означает, что

начинать нужно с самого начала, по-фуллеровски, с того, чтобы пересмотреть самые основы наших знаний и натурфилософии науки.

Чтобы понять, что же не так с существующим подходом к биомеханике, необходимо протянуть нить через историю.

Современная биомеханика оформилась как академическая наука примерно в 1960-х годах с появлением первых компьютеров, а значит, и возможности сложных расчетов. Однако ее корни намного глубже и уходят на сотни лет назад в эпоху Ренессанса.

Итальянский Ренессанс стал свидетелем резкого роста анатомических и биомеханических знаний, которые сегодня составляют основу современного научного мышления. Но есть проблема. Классические законы и теории, разработанные на основе этого знания, в основном опираются на поведение неодушевленных предметов и искусственно спроектированных, инженерно собранных машин, в то время как все представления о том, как организуются живые структуры, по-прежнему остаются неполными. Редукционистские методы науки продолжают заглубляться во все более мелкий масштаб, дойдя уже до нанометров, и концентрируют свои усилия на генетическом коде, молекулярных путях и биохимии, но при этом они в значительной степени игнорируют простоту, которая лежит в основе самоорганизации и движения, поскольку это слишком просто (Noble, 2017).

## **Конец ознакомительного фрагмента.**

Текст предоставлен ООО «ЛитРес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на ЛитРес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.