

माझा अंतिम सल्ला तुमःस आहे

शिका, संघर्ष करा आणि संगठीत व्हा; स्वतः वर विश्वास ठेवा.

न्याय आपल्या बाजूस असेल तर मला आपल्या पराभवाचे कारण दिसत नाही. हा लढा सुखासाठी आहे. ही लढाई पूर्णार्थाने आध्यात्मिक आहे. ह्या मध्ये वैयक्तिक अथवा सामाजिक स्वार्थ नाही. कारण आपला लढा संपत्ती अथवा सत्तासाठी नाही. हा लढा आहे स्वातंत्र्याचा. हा लढा आहे मानवी व्यक्तीत्व पुनः प्राप्ति चा.

– डॉ. बाबासाहेब आंबेडकर.

प्रबंधाचा सारांश

प्रस्तावना

प्रबंधामध्ये नेहमीच सुरुवातीला एक छोटासा सारांश असतो. विद्यापीठात प्रबंध सबमिट करण्यापूर्वी, मी दोन असे सारांश लिहिले एक इंग्रजीमध्ये आणि दुसरे कातालान (कॅटलोनियाची भाषा) मध्ये. पण दोनीही एक्स्पर्ट व्यक्ती साठी लिहिले आहे. काही महिन्यांपूर्वी, एका सार्वजनिक कार्यक्रमात बोलताना, मी एपिथेलियल टिशूजसह काम करतो असे सांगितले. लोकांनी मला विचारले, "एपिथेलियल टिशू म्हणजे काय?" यामुळे मला सहज भाषेत सारांश लिहण्या सारखा वाटले. विशेषतः, मी काय करतो आणि हे पुस्तक काय दर्शवते हे माझ्या पालकांला समजावे असे वाटले.

माझ्या पालकांनी परदेशात पीएचडी करण्याच्या माझ्या निर्णयाला पाठिंबा दिला. माझ्या पालकांनी मला नेहमी अभ्यास करण्यासाठी प्रोत्साहन दिले आणि माझ्यामध्ये शिक्षणाचे मूल्य बिंबवले. आता या पीएचडी प्रबंधाने मी त्यांची शिकवण पराकोटीला नेली आहे असे वाटते. मला अभ्यास करण्याची संधी मिळाली याबद्दल मी आनंदी आहे आणि मी ज्ञानाचा पाठपुरावा करत राहीन.

मी प्रयत्न करतो समजावण्याचे, पण तुम्हाला नाही समजले तर काही प्रॉब्लेम नाही. जर तुम्हाला हा प्रबंध इंटरेस्टिंग वाटला असेल तर मला कॉन्टॅक्ट करा, आणि मी तुम्हाला चांगल्याणी समजावण्याचा प्रयत्न करेल.

पीएचडी दरम्यानचा माझा काळ आम्हाने आणि अनिश्चिततेने (महामारी, जागतिक आर्थिक संकट आणि युद्धे) भरलेला असला तरी, मी बरेच काही शिकलो. माझ्याकडे आता जगाचा व्यापक दृष्टीकोन आहे आणि मला माहिती आहे कि या जगात माझी का भूमिका आहे. मला विज्ञानाची खरी आवड आहे आणि नजीकच्या भविष्यात माझे वैज्ञानिक प्रयत्न सुरू ठेवण्याची माझी इच्छा आहे. शोध आणि नवनिर्मितीचा थरार मला प्रेरित करतो.

माझ्या प्रबंधाचा हा भाग लिहिताना मला फक्त एकच अडथळा येतो तो म्हणजे माझी मराठीची कमजोर पकड. मी मराठीत अभ्यास करून किंवा लिहून पंधरा वर्ष उलटून गेली आहेत. विशेषतः वैज्ञानिक शिक्षणात इंग्रजी ही नेहमीच प्रमुख भाषा राहिली आहे. मी मजे साठी इंग्रजीतली असंख्य पुस्तके वाचली असली तरी मराठीतील एकही पुस्तक वाचले नाही. मी माझ्या पालकांसोबत मराठी बोलू शकतो, पण वाचन आणि लेखनात माझी प्रवीणता वाढवण्याची गरज मी ओळखतो. तरी मी माझे संशोधन मराठीत समजावून सांगण्याचा सर्वतोपरी प्रयत्न करेन.

मी मराठी संज्ञांच्या जागी इंग्रजी संज्ञांचा समावेश करण्याचा प्रयत्न करेन. याव्यतिरिक्त, हे माझे प्रबंध डिफेन्स समजून घेण्यास मदत करेल.

“Mechanics of epithelial tissue subjected to controlled pressure”

"मेकॅनिकस ऑफ एपिथेलियल टिशू सबजेक्टड टु कंट्रोलड प्रेशर"

माझा प्रबंध कशाबद्दल आहे हे शीर्षकच सांगते. तथापि, या विषयामध्ये एक्स्पर्ट नसलेल्या व्यक्तींसाठी याचा फारसा अर्थ असू शकत नाही. माझ्या पीएचडी संशोधनाचे स्वरूप केवळ प्रबंध शीर्षकावरून समजून घेण्यासाठी भौतिकशास्त्रज्ञ किंवा जीवशास्त्रज्ञांनाही संघर्ष करावा लागेल. जीवशास्त्रज्ञ (बायोलोगिस्ट) विशिष्ट प्रकारचे एपिथेलियल टिशू आणि त्यात समाविष्ट असलेल्या विशिष्ट दाबांबद्दल चौकशी करू शकतात. दुसरीकडे, भौतिकशास्त्रज्ञ (फिसिसिस्ट), "मेकॅनिकस" च्या अर्थावर प्रश्न विचारू शकतात आणि ते टिशूच्या हालचालींशी संबंधित आहे की दाब किंवा दाब अंतर्गत ऊतक (ऊती म्हणजे टिशू).

म्हणून, मला यातील प्रत्येक घटक सामान्य वाचकांसाठी बोलत असल्याप्रमाणे समजावून सांगणे आवश्यक वाटले. शिवाय, जेव्हा आपण सखोल अभ्यास करतो तेव्हा अतिरिक्त प्रश्न उद्भवतात: या पेशी (सेल्स) काय आहेत? यांत्रिकी (मेकॅनिकस) म्हणजे काय? हे प्रश्न प्रबंधात थोडक्यात संबोधित केले असले तरी, वाचकांना, विशेषतः प्रबंध समितीकडे हे ज्ञान आधीच असेल असे गृहीत धरून मी त्यांचा विस्तृतपणे शोध घेतला नाही. पुढच्या भागात, मी माझ काम समजवण्याचा प्रयत्न करतो.

सेल्स आणि टिश्यू

जीवशास्त्र (बायोलॉजी) हा जीवनाचा वैज्ञानिक अभ्यास आहे. जेव्हा मी जीवनाचा विचार करतो तेव्हा मी लगेच मानवांचा विचार करतो. एक सोपा वैज्ञानिक प्रश्न असू शकतो: आपण कशापासून बनलो आहोत? आपण वेगवेगळ्या अवयवांनी बनलेले आहोत, काही बाहेरील जसे की हात, पाय आणि नाक आणि काही अंतर्गत जसे की हृदय, मेंदू, फुफ्फुसे आणि आतडे. पण जर आपण आपल्या अवयवांचा सखोल अभ्यास केला तर हे अवयव कशापासून बनलेले आहेत असा प्रश्न आपल्याला पडू शकतो. उत्तर उती (टिश्यू) आहे. आणि टिश्यू कशापासून बनतात? उत्तर पेशी (सेल्स) आहे.

आपण एका घराचा विचार करू शकतो. घर हे खोल्यांचे बनलेले आहे, खोल्या भिंतींनी बनलेल्या आहेत आणि भिंती विटांनी बनलेल्या आहेत. सेल्स या आपल्या शरीराच्या विटांसारख्या असतात. ज्याप्रमाणे विटा सिमेंटने एकत्र धरल्या जातात, त्याचप्रमाणे पेशी एकमेकांशी जोडलेल्या असतात आणि ते टिश्यू तयार करतात आणि मॅट्रिक्सने वेढलेले असतात.

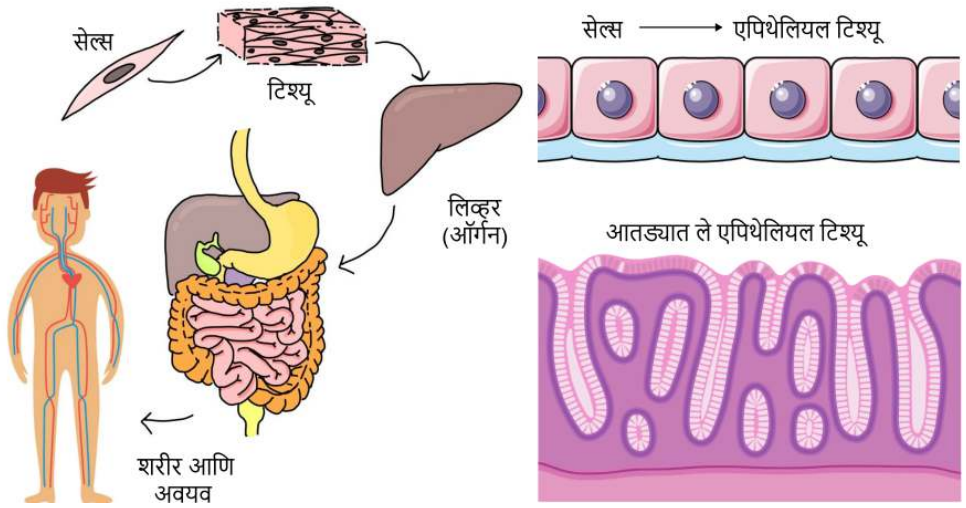
घरातील साधर्म्यापासून दूर जाऊया कारण आपली शरीरे घरासारखी स्थिर नाहीत; आम्ही विविध काम करतो आणि सतत हलत राहतो. आपल्या शरीराची तुलना मशीनशी केली जाऊ शकते ज्याचे वेगवेगळे भाग वेगवेगळे काम करतात.

ज्याप्रमाणे आपल्या शरीरात वेगवेगळे भाग असतात, त्याचप्रमाणे विशिष्ट कार्ये करण्यासाठी आपल्याकडे वेगवेगळ्या प्रकारच्या सेल्स आणि टिश्यू एकत्र काम करतात. फुफ्फुसातील सेल्स आपल्याला श्वास घेण्यास मदत करतात, मेंदूतील न्यूरॉन्स आपल्याला विचार करण्यास मदत करतात, आणि पोटातील सेल्स पचनास मदत करतात.

मी ज्या सेल्ससोबत काम करतो ते सगळीकडे आहेत, जे आपल्या शरीरातील सर्व पेशींपैकी अंदाजे ६०% आहेत. त्यांना "एपिथेलियल सेल्स" म्हणतात. या सेल्स एकमेकांशी घट्ट जोडलेल्या असतात, आणि एपिथेलियल टिश्यू तयार करतात. एपिथेलियल टिश्यू बहुतेक अवयवांना भोवती असते, दोन्ही अंतर्गत आणि बाहेरील. उदाहरणार्थ, आपली त्वचा एपिथेलियल टिश्यूने बनलेली असते, ज्याला एपिडर्मिस म्हणतात.

एपिथेलियल टिश्यू खूप लवचिक असतात. ते आपल्या मूत्राशय आणि फुफ्फुसांमध्ये आढळू शकतात, जे खूप स्ट्रेच होतात. शिवाय, जेव्हा या टिश्यूना दुखापतीमुळे नुकसान होते, तेव्हा त्यांच्याकडे स्वतःला बरे करण्याची उल्लेखनीय क्षमता असते.

हे टिश्यू भिंती म्हणून काम करतात, वेगवेगळ्या अवयवांना एकमेकांपासून वेगळे करतात. एपिथेलियल टिश्यूच्या घट्टपणासह समस्या असल्यास, अवयव जिवाणू संक्रमण किंवा कर्करोगास असुरक्षित होऊ शकतात.



आकृती 1: डाव्या बाजूला, आपण शरीर आणि अवयवांचे चित्र पाहू शकता. मी लिंकर चे एक उदाहरण निवडले आहे, आणि लिंकर मधील टिशू आणि एकल पेशी. उजव्या बाजूला, आपण फ्लॅट एपिथेलियल टिशूचे चित्र पाहू शकतो. आणि वास्तविक अवयवातील टिशू. हे पाहणे खूप सोपे आहे की आपल्या शरीरातील बहुतेक टिशू वक्र (फोल्डेड) आहेत आणि फ्लॅट नाहीत.

Source: <https://bioicons.com/>

एपिथेलियल टिशूमध्ये अतिरिक्त कार्ये देखील असतात, जसे की पोषक शोषण किंवा आतड्यांमधील पचनासाठी एंजाइम साव. आतड्यांचा आतील सतह देखील एपिथेलियल टिशूने बनलेला असतो. शिवाय, आपल्या नाकातील विशेष सेन्सर्स असलेल्या एपिथेलियल पेशी आपल्याला वास घेण्यास मदत करतात.

काही घटनांमध्ये, हे टिशू फिल्टर म्हणून काम करतात. उदाहरणार्थ, फुफ्फुसात, आपण श्वास घेत असलेली हवा ते फिल्टर करतात, तर किडनी मध्ये ते रक्त फिल्टर करतात.

सर्वात महत्त्वाचे म्हणजे, एपिथेलियल टिशू मॉर्फोजेनेसिसमध्ये मदत करतात - जीवाच्या विकासाची आणि आकार देण्याची प्रक्रिया.

मॉर्फोजेनेसिस

ग्रीक भाषेत, "मॉर्फो" म्हणजे आकार आणि "जेनेसिस" म्हणजे निर्माण करणे. एकत्र ठेवा, याचा अर्थ आकार तयार करणे. जर तुम्ही गर्भवती महिलेचा अल्ट्रासाउंड पाहिला असेल, तर तुमच्या लक्षात येईल की बाळ खूपच लहान असते आणि सर्व अवयव पूर्णपणे तयार नसतात. आणि तो बाळ मोठा झाल्यावर काय होते याचा विचार करा. वाढीच्या या प्रक्रियेला डेवलपमेंट म्हणतात, आणि जे बायोलोगिस्ट त्याचा अभ्यास करतात त्यांना डेवलपमेंटल बायोलोगिस्ट म्हणतात.

मॉर्फोजेनेसिस हा डेवलपमेंटल बायोलोगिस्टांसाठी एक आकर्षक विषय आहे कारण आपण सर्व आपल्या आईच्या गर्भाशयात एकल पेशी म्हणून सुरू होतो. तो पेशी वाढतो आणि विभाजित होतो, सतत विभाजित आणि वाढतो जोपर्यंत तो पेशींचा एक गोळा बनतो ज्याला आपण भ्रूण म्हणतो. डेवलपमेंटचा हा टप्पा अनेक प्राण्यांसाठी सामान्य आहे.

तथापि, सेल्सचा हा गोळा नंतर आकार बदलतो आणि शरीराचे वेगवेगळे भाग आणि अवयव तयार करतो. शास्त्रज्ञ बऱ्याच काळापासून ही प्रक्रिया समजून घेण्याचा प्रयत्न करीत आहेत. बायोलोगिस्टांनी डेवलपमेंट साठी जबाबदार असलेल्या जनुकांचा (जीन्स) शोध लावला आहे. जीन्स पेशींना काय करावे आणि केव्हा करावे याबद्दल सूचना देतात. ते गोळापासून माशामध्ये कसे रूपांतरित होतात हे समजून घेण्यासाठी ते एपिथेलियल सेल्स सारख्या सेल्सचा अभ्यास करतात. सेल्सना ताणणे, वाढणे आणि एकत्र हलवणे आवश्यक आहे. शास्त्रज्ञ अजूनही या प्रक्रिया समजून घेण्यासाठी आणि एपिथेलियल टिश्यूबद्दल अधिक जाणून घेण्यासाठी काम करत आहेत, विशेषतः सेल्सचा स्मूथ बॉल (गोळा) कसा दुमडला जातो (फोल्ड होतो).

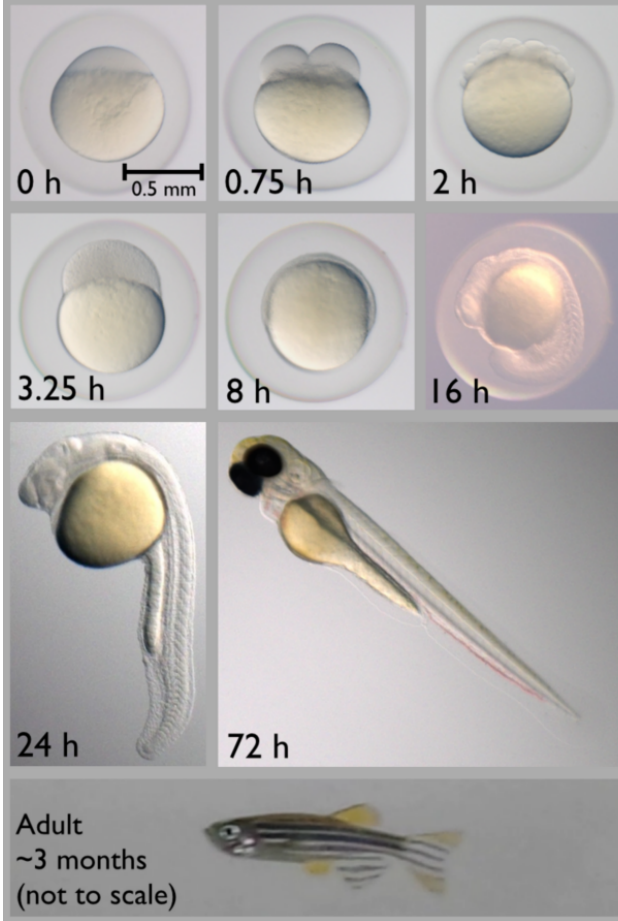
आता, आपण मेकॅनिकस दृष्टीकोन पाहू.

मेकॅनिकल इंजिनीअर आणि मटेरियल शास्त्रज्ञांसाठी, मॉर्फोजेनेसिस हे एक मनोरंजक क्षेत्र आहे. माझ्यासाठी, एपिथेलियल टिश्यू एक आश्चर्यकारक सामग्रीसारखे आहे. ते वाढू शकते, स्ट्रेच होऊ शकते आणि सिग्नल रेकॉर्ड करू शकते. खराब झाल्यावर, ते स्वतःच बरे देखील होऊ शकते. परिणामी, अनेक इंजिनीअर देखील हा मटेरियल समजून घेण्यासाठी धडपडत आहेत.

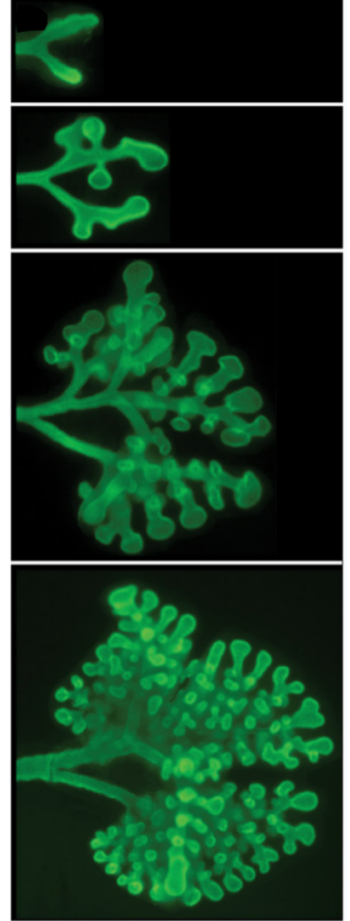
मी आधी सांगितल्याप्रमाणे, सेल्सना हलवणे, स्ट्रेच होणे आणि पिळणे आवश्यक आहे मॉर्फोजेनेसिस साठी. मेकॅनिकस तत्त्वे लागू करून, आपण सेल्स या क्रिया कशा पूर्ण करतात हे समजून घेण्याचा प्रयत्न करू शकतो. सेल्स स्वतःला हलवण्यासाठी किंवा त्यांचा आकार बदलण्यासाठी फोर्स निर्माण करतात.

फोर्स हे पुश किंवा खेचण्यासारखे असतात ज्यामुळे वस्तू हलतात, थांबतात, दिशा बदलतात, किंवा त्यांचा आकार बदलतात. उदाहरणार्थ, जेव्हा तुम्ही एखाद्याला धक्का लावता, तेव्हा तुम्ही त्यांना हालचाल करण्यासाठी फोर्स लावत अहा. त्याचप्रमाणे, रबर बँड स्ट्रेच करण्यासाठी फोर्स

झेब्राफिश चा जन्म



फुफ्फुसांचा विकास



आकृती 2: खूप सारे प्राणी एका सेल्स च्या गोळा सारखे सुरु होतात. डावीकडे, आपण अंड्यातील मासे पाहू शकतो, ते बॉलच्या रूपात सुरु होते आणि नंतर विस्तृत होते. ते टिश्यू तयार करतात, नंतर त्या टिश्यू फोल्ड होऊन मासे तयार करतात. उजवीकडे, आपण पाहू शकतो की आपली फुफ्फुसे झाडाच्या फांदीसारखी विकसित होतात. त्याची सुरुवात साध्या आकाराने होते आणि नंतर ते कॉम्प्लिकेटेड बनते.

वापरणे आवश्यक आहे.

यांत्रिकी (मेकॅनिकस) ही विज्ञानाची शाखा आहे जी वस्तू कशा हलतात आणि एकमेका वर फोर्स कसा लावतात याचा अभ्यास करतात. गोष्टी त्यांच्या पद्धतीने का हलतात आणि ते फोर्सचा कसा प्रतिसाद देतात हे समजून घेण्यास हे आम्हाला मदत करते.

या सेल्सचे परीक्षण करून, आपण मेकॅनिकस दृष्टिकोनातून त्यांना समजू शकतो. माझ्या पीएचडी दरम्यान, मी एपिथेलियल टिश्यूजचे मेकॅनिकस समजून घेण्याचा प्रयत्न केला.

मेकॅनिकस समजून घेण्यासाठी, गोष्टी फोर्सचा कसा प्रतिसाद देते हे आपण प्रथम समजून घेतले पाहिजे. हे सामान्यतः स्ट्रेचिंग प्रयोगांद्वारे साध्य केले जाते, गोष्टी कशी विकृत होते याचे निरीक्षण करून. आम्ही गोष्टी स्ट्रेच करण्यासाठी लागणारे फोर्स मोजतो. या स्ट्रेचिंग प्रयोगांद्वारे, आम्ही कोणत्याही गोष्टीची चांगली समज प्राप्त करू शकतो. इंजिनीअर म्हणून, आपण या ज्ञानाचा उपयोग गोष्टी तयार करण्यासाठी करू शकतो.

उदाहरणार्थ, कोणीतरी प्लास्टिक ची खुर्चीची रचना करण्याचा विचार केला. इंजिनीअरने खुर्चीवर बसणाऱ्या लोकांचे वजन (फोर्स) सहन करू शकेल असे मटेरियल निवडणे आवश्यक आहे. प्लास्टिक वाकणे किंवा तुटू नये. हे पूर्ण करण्यासाठी, इंजिनीअरांना विविध परिस्थितीत प्लास्टिकचे वर्तन समजून घेणे आवश्यक आहे. त्यांनी सतत फोर्सचा विचार केला पाहिजे, जसे की एखादी व्यक्ती दीर्घकाळासाठी खुर्चीवर बसलेली असते, तसेच अनेक लोक खुर्चीचा वापर करतात तेव्हा गतिशील फोर्सचा विचार केला पाहिजे. याव्यतिरिक्त, त्यांना प्लास्टिकवरील दीर्घकालीन परिणामांचा विचार करणे आवश्यक आहे.

माझ्या पीएचडी दरम्यान, मी एपिथेलियल टिश्यूजच्या अभ्यासासाठी ही मेकॅनिकस तंत्रे लागू करण्याचा प्रयत्न केला. जसे एखाद्या इंजिनीअर खुर्चीची रचना करते, आम्ही एपिथेलियल टिश्यू समजून घ्यायचे प्रयत्न करू, जेणेकरून भविष्यात आपण कृत्रिम टिश्यू आणि अवयव बनवू शकू.

ऍक्टोमायोसिन नेटवर्क

खुर्चीच्या उदाहरणाप्रमाणे, एपिथेलियल टिश्यू प्लास्टिकसारखे सोपे मटेरियल नाही आहे. प्लॅस्टिक हे पॉलिमरचे बनलेले असते, जे रेणू (मोलेक्युलस) नावाच्या लहान बिल्डिंग ब्लॉक्सपासून बनलेल्या लांब साखळ्यांसारखे असतात.

ज्याप्रमाणे तुम्ही एक लांब साखळी तयार करण्यासाठी बिल्डिंग ब्लॉक्सला जोडू शकता, त्याचप्रमाणे शास्त्रज्ञ आणि इंजिनीअर पॉलिमर तयार करू शकतात. अशा अनेक लांब पॉलिमर साखळ्या एकत्र करून प्लास्टिक तयार केले जाते, या एक गोंधळलेली धाग्यांना सारखी असते. यामुळे प्लास्टिकचे मटेरियल मजबूत आणि लवचिक दोन्ही बनते.

आम्ही पॉलिमरमध्ये क्रॉसलिकर रेणू देखील जोडू शकतो, हे एका गोंद सारखे आहे जे पॉलिमर चेन ला एकमेकांना जोडते. प्लॅस्टिकमध्ये जास्त क्रॉसलिकर्स असल्यास, प्लास्टिक खूप मजबूत होऊ शकते.

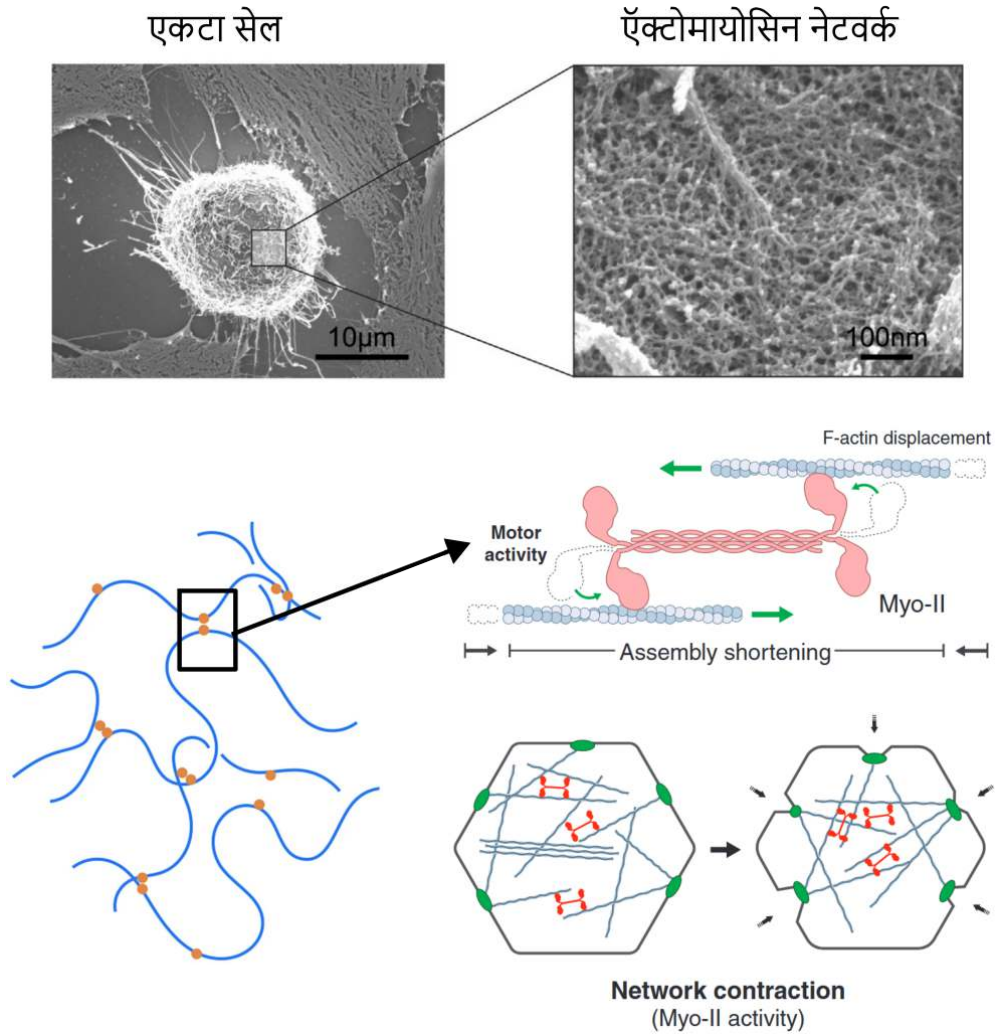
त्याच प्रकारे, सेल्स मध्ये प्रथिने (प्रोटीन) असतात ज्याची तुलना पॉलिमरशी केली जाऊ शकते. सेल आकार राखण्यासाठी जबाबदार विशिष्ट प्रोटीने आहेत, ज्याला सायटोस्केलेटल प्रोटीने म्हणतात. हे प्रोटीन नेटवर्क सारखी रचना तयार करतात जी सेलच्या आकारात योगदान देतात.

जर एखाद्या टिश्यू ना त्याचा आकार बदलण्याची गरज असेल, तर त्यातील सेल्सनीही त्यांचा आकार बदलला पाहिजे. हे साध्य करण्यासाठी, प्रोटीन नेटवर्कमध्ये बदल करणे आवश्यक आहे. माझ्या संशोधनाच्या संदर्भात, ऍक्टोमायोसिन नेटवर्क विशेषतः महत्त्वपूर्ण आहे.

ऍक्टोमायोसिन नेटवर्कमध्ये ऍक्टिन पॉलिमर आणि मायोसिन क्रॉसलिकर्स असतात. तथापि, सामान्य प्लास्टिकच्या विपरीत, सेल्स जिवंत घटक आहेत आणि हे पॉलिमर आणि क्रॉसलिकर्स हालचाल करण्यास सक्षम आहेत. जेव्हा आपण जेवण खातो, तेव्हा ते उर्जेमध्ये रूपांतरित होते, ज्याचा उपयोग क्रॉसलिकर्स हलविण्यासाठी होते आणि त्या नंतर नेटवर्कमध्ये तणाव निर्माण केला जाऊ शकतो.

एक्टिन पॉलिमरपासून बनवलेल्या दोन दोऱ्या शेजारी शेजारी ठेवल्या आहेत आणि मायोसिन क्रॉसलिकर्सने जोडलेल्या आहेत अशी कल्पना करू या. मायोसिन ऊर्जा वापरत असताना, ते दोन्ही दोरांना जवळ ओढून आतमध्ये सरकते. अशा कनेक्शनच्या नेटवर्कमध्ये, ही अंतर्बाह्य खेचणारी फोर्स त्यातील प्रत्येक गोष्टीवर परिणाम करते. या फोर्समुळे पेशींचा आकार बदलतो.

तंतोतंत एपिथेलियल टिश्यू इतके इंटरस्टिंग आहेत. जेव्हा आपण त्यांना स्ट्रेच करतो तेव्हा ऍक्टोमायोसिन नेटवर्क स्ट्रेचिंगला प्रतिसाद देते. मायोसिन फिरते आणि बाह्य फोर्सचा प्रतिकार करू शकते. नेहमीच्या प्लॅस्टिकच्या विपरीत, जे अशा प्रकारे फोर्सवर प्रतिक्रिया देऊ शकत नाही कारण ते जिवंत नाही, एपिथेलियल टिश्यू सक्रिय सामग्री (अक्टीव मटेरियल) मानली जाते.



आकृती 3: आपण एक सेल चा फोटो पाहू शकतो आणि त्यावर झूम केल्याने सेल कॉर्टेक्स (एँक्टोमायोसीन नेटवर्क) दिसतो; हे नेटवर्क एका जाळी सारखे दिसते. खाली, आपण पॉलिमर चा कार्टून पाहू शकतो. निळ्या लाईनी पॉलिमर आहे आणि पिवळे डॉट क्रोसलीन्कर आहेत. नॉर्मल प्लास्टिक मध्ये क्रोसलीन्कर आणि पॉलिमर हालत नाही. पण सेल्स मध्ये एँक्टिन पॉलिमर हलते आणि मायोसीन क्रोसलीन्कर पण हलते. ते दोघे मिळून फोर्स तयार करतात जे सेल्स चा आकार बदलतात.

मायोसिन क्रॉसलिकरच्या हालचालीची प्रक्रिया ही एक सक्रिय प्रक्रिया आहे जी सेल्सना आकार बदलण्यास आणि बाह्य फोर्सचा प्रतिकार करण्यास सक्षम करते. काही प्रयोगांमध्ये, जेव्हा पेशी एका दिशेने ताणल्या जातात तेव्हा ऍक्टोमायोसिन नेटवर्क स्ट्रेचिंगवर प्रतिक्रिया देते आणि त्यानुसार दिशा बदलते.

आता विचार करा त्या मासा चा जो एका गोळा पासून तयार होतो. त्यात खूप जागे वर आम्ही पाहिले आहे कि मायोसीन एका जागे वर जमा होते आणि सेल्स सर्वे तिथे जातात. अश्या प्रकार ची हालचाल टिश्यूचे आकार बदलते.

माझ्या प्रबंधाचा उद्देश एपिथेलियल टिश्यूचे मेकॅनिक्स समजून घेणे आणि विविध टिश्यूचे निर्मिती तयार करण्यासाठी आपण टिश्यूचे आकार कसे हाताळू शकतो हे शोधणे होता.

एक्सपरिमेंट

आम्हाला वाटले की आपण एक साध्या आकाराचे टिश्यू तयार करून सुरुवात करावी. आमच्याकडे लॅब मध्ये टिश्यू आहेत. ते फ्लॅट डिश वर असतात. आम्हाला असे एक इन्स्ट्रुमेंट बनवायचे होते, जे फ्लॅट टिश्यूना वक्र टिश्यूमध्ये बनवू शकते. त्याच वेळी, आपण टिश्यूचा आकार आणि टिश्यू वर लागणारे फोर्स नियंत्रित करण्यास सक्षम असलो पाहिजे.

आम्ही सेल्सचा गोळा बनवण्यास सुरुवात केली. जसे की अनेक प्राण्यांच्या गर्भाच्या सुरुवातीच्या काळात घडते.

माझ्या पीएचडी दरम्यान, माझा बहुतेक वेळ एक उपकरण विकसित करण्यासाठी गेले, जे एपिथेलियल टिश्यू स्ट्रेच करण्यासाठी, फोर्स मोजण्यासाठी आणि सेल्सचे समीक्षण करण्यास सक्षम आहे. बऱ्याच प्रयत्नांनंतर, मी मॉली: मोनोलेअर इन्फ्लेटर म्हणून ओळखल्या जाणाऱ्या उपकरणाचा अविष्कार केला. सोप्या भाषेत, या उपकरणामध्ये लहान छिद्रे असलेले प्लास्टिक असते. मी त्याच्या वर एपिथेलियल टिश्यू ठेवू शकतो आणि दुसऱ्या बाजूने दबाव (प्रेसर) टाकू शकतो.

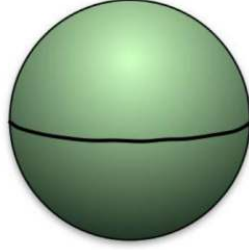
प्लास्टिकवर सेल्स चिकटवण्यासाठी मी प्लास्टिकला फायब्रोनेक्टिन नावाच्या प्रोटीनने लेपित केले. मी मायक्रोस्कोपचा वापर करून फायब्रोनेक्टिनसह पॅटर्न तयार केले. या पॅटर्न मध्ये काही जागे वर कमी प्रोटीन लेपले आणि काही वर जास्ती. परिणामी, जेव्हा प्रेशर लागू केला जातो तेव्हा टिश्यू कमी प्रोटीन भागांपासून विलग होतात आणि फुगतात. आम्ही या ३-डी रचनांना "डोम" म्हणून संबोधतो.

ही मेथोड वापरून, आम्ही सेल्सला स्ट्रेच करू शकतो आणि बॉल सरकी रचना तयार करू शकतो. याव्यतिरिक्त, आम्ही संपूर्ण प्रक्रियेदरम्यान सेल्सनी अनुभवलेली फोर्स आणि स्ट्रेचिंग मोजण्यासाठी

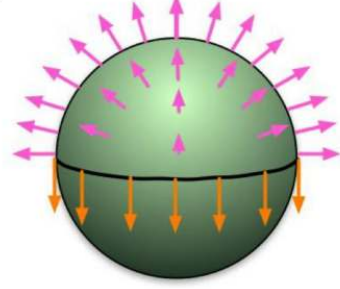
विचार करा एका
गोलाकार बबलचा



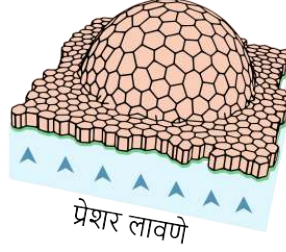
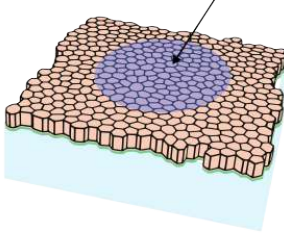
त्याला मधून कापले कि आपण त्या वरचे
वेगवेगळे फोर्स पाहू शकतो?



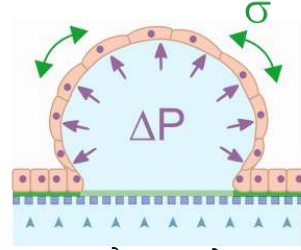
प्रेसर आणि टेन्शन



कमी प्रोटीन असलेला एरिया

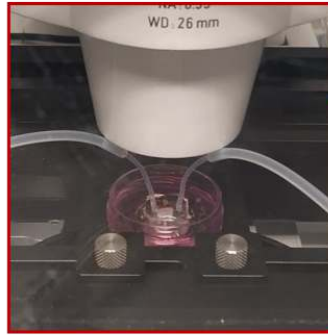
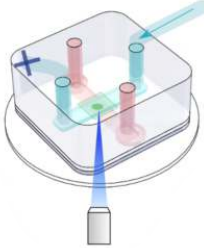


प्रेसर लावणे



प्रेसर लावणे

मॉली:
मोनोलेअर
इन्फ्लेटर



आकृती 4: एपीथेलीअल टिश्यू या कार्टून सारखे दिसतो. निळा भागात कमी प्रोटीन आहे, त्या मुळे जेव्हा आपण प्रेशर लावतो तर टिश्यू तिथून विलग होतो. आणि एक डोम सारखी रचना तयार होते. तुम्ही माझा अविष्कार कसा दिसते हे पाहू शकता शेवट च्या लाईनीत. मिक्रोस्कोपी मध्ये वापर असताना.

मायक्रोस्कोपी वापरू शकतो.

प्रेसर नियंत्रित करणे हा आमच्या प्रायोगिक सेटअपचा एक महत्त्वाचा पैलू आहे आणि से-

ल्समधील फोर्स समजून घेण्यासाठी मेकॅनिकस तत्त्वे लागू करणे आवश्यक आहे. जेव्हा आम्ही सुरुवातीला या डोमचे निरीक्षण केले तेव्हा आम्हाला त्यांचा परिपूर्ण गोलाकार आकार दिसला. निसर्गात, गोलाकार आकार अत्यंत लक्षणीय आहे.

एका गोलाकर बॉल ला कोणत्याही साईडनी बघितले, ते आपल्याला गोल च दिसते.

जेव्हा कागदाचा तुकडा चुरगाळण्यासारखे काहीतरी घट्ट पॅक करण्याचा विचार येतो, तेव्हा आम्ही बॉल तयार करतो कारण ते दिलेल्या वॉल्यूमसाठी पृष्ठभागाचे क्षेत्रफळ कमी करते. पृथ्वी स्वतःच जवळ जवळ गोलाकार आहे कारण गुरुत्वाकर्षण सर्व दिशांना समान शक्ती वापरते, त्याला गोलाकार आकार देण्यासाठी.

त्याचप्रमाणे, पाण्यातील बुडबुडे (बबल) गोलाकार स्वरूप धारण करतात. लाप्लेसचा नियम या घटनेबद्दल आपल्याला समझवू शकतो. या कायद्यानुसार, बबलमधील दाब बाहेरील दाबापेक्षा जास्त असतो. हे दाब चा फरक बबलला त्याचा आकार टिकवून ठेवण्यास सक्षम करते आणि ते कोसळण्यापासून थांबावते. जणू काही हवा आतून फोर्स वापरत आहे, बबलचा विस्तार करण्यासाठी, तर बाह्य हवा दुसरी कडून फोर्स लागू करते बबल दाबण्यासाठी.

ही संकल्पना स्पष्ट करण्यासाठी एक उदाहरण घेऊ. दोन बुडबुडे कल्पना करा - एक लहान आणि एक मोठा. लहान बबलमध्ये कमी हवा असते, परिणामी त्याच्या भिंतींवर दबाव कमी असतो. याउलट, मोठ्या बबलमध्ये जास्त हवा असते, ज्यामुळे त्याच्या भिंतींवर जास्त दाब असतो.

लाप्लेसचा नियम बबलच्या त्रिज्या आणि दाबाच्या फरकाला बबलच्या पृष्ठभागावरील फोर्सशी जोडतो. या फोर्सला पृष्ठभाग तणाव (सरफेस टेन्शन) म्हणतात.

गोलाकार आकार विशेष आहे कारण तो संपूर्ण बबलमध्ये दाबाचे समान वितरण करतो. हा आकार बबलच्या पृष्ठभागाचे क्षेत्रफळ कमी करतो आणि अंतर्गत जागा वाढवतो. हे असे आहे की बबल आतमध्ये हवा सामावून घेण्याचा सर्वात कार्यक्षम मार्ग शोधण्याचा प्रयत्न करतो.

आपल्या बाबतीतही असेच काहीतरी घडते. दाबामुळे फ्लॅट टिश्यू गोलाकार आकारात बदलते. वाढलेल्या दाबामुळे मोठे डोम तयार होते आणि टिश्यूमध्ये टेन्शन वाढतो. लाप्लेसचा नियमाचा वापर करून, आपण डोमचा दाब आणि आकार मोजून डोमतील शक्तींची गणना करू शकतो.

या दृष्टिकोने आपण टिश्यू मधील साईझ, आकार आणि टेन्शन नियंत्रित करू शकतो.

हे करण्यासाठी मला तीन वर्षे लागली. मी डिझाईन तयार केले आणि स्वतः इन्स्ट्रुमेंट बनवले, मार्गात त्याचे डिझाईन सुधारित केले. मी टिश्यू आणि प्रोटीन कोटिंगसह मोठ्या प्रमाणावर काम केले. मला या संपूर्ण प्रक्रियेत अमूल्य ज्ञान मिळाले, आणि त्यासाठी वेळेची महत्त्वपूर्ण गुंतवणूक आवश्यक होती.

आता आपण असली एक्सपेरिमेंट करण्या साठी तयार अहो.

टिश्यू फुगवणे

जसे मी प्लॅस्टिकबद्दल आधी स्पष्ट केले होते, कोणत्याही मटेरियल ला समजण्या साठी आपाप-
ल्या त्याना स्ट्रेच करणे आणि फोर्स मोजणे खूप महत्वाचे आहे. आम्ही या सारखे एक्सपेरिमेंट
एपिथेलियल टिश्यू सोबत करणार.

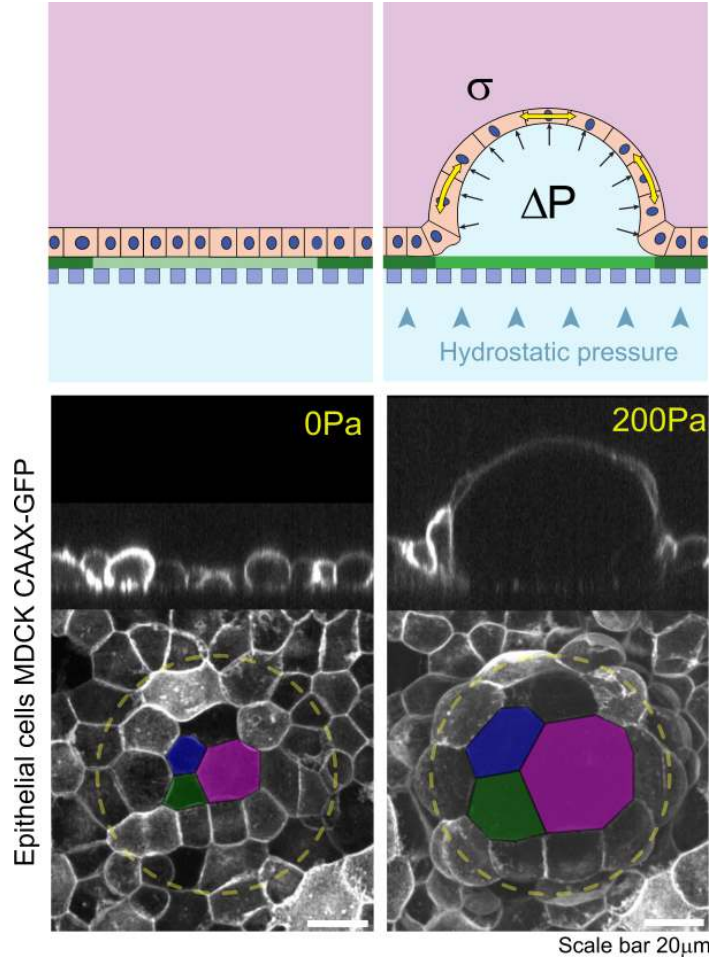
सर्वात आधी मी २०० पास्कल चा स्थिर दाब वापरून एपिथेलियल टिश्यू स्ट्रेच केले. जसे आधी
सांगितले तसे, ते डोम सारखे फुगले. पण टिश्यू फुग्यासारखे वागत नव्हते जे दाब लावल्यावर लगेच
फुगते. त्याऐवजी, टिश्यू हळूहळू ताणला गेला आणि ५ मिनिटांच्या कालावधीत सतत दाबाने ताणत
राहिला.

या निरीक्षणामुळे आम्हाला हे समजले की सेल्स आणि टिश्यूमधील ऍक्टोमायोसिन नेटवर्क
ताणून लागू केलेल्या दाबाला प्रतिसाद देत आहे. सेल्स बाह्यरित्या लागू केलेल्या दाबासह अंतर्गत
फोर्सचा समतोल साधण्याचा प्रयत्न करत असताना टिश्यू गोलाकार आकार घेतात. ऍक्टोमायोसिन
नेटवर्क नवीन टिश्यूच्या आकाराशी जुळवून घेण्यासाठी आकारात बदल घडवून आणते, ज्यामुळे
फोर्स संतुलित राहते आणि स्थिरता राखते.

या वर्तनाबद्दल अधिक अंतर्दृष्टी मिळविण्यासाठी, मी बदलता दबाव टाकला. जेव्हा मी दाब
(प्रेसर) वेगळी स्पीडनी लावले, जसे की प्रेशर ० पासून २०० पर्यंत जाते आणि ० वर वापीस येते
२० सेकंदांच्या आत. सेल्स काही तितके स्ट्रेच नाही झाले, आणि डोम चा साईझ लहान होता.
याव्यतिरिक्त, दाब बदलण्याच्या प्रत्येक चक्रानंतर, टिश्यू पूर्णपणे फ्लॅट (सपाट) होत नाही. जेव्हा
प्रेसर ० असते डोम तेव्हा फ्लॅट असतो. २०० वर डोम व्हडतो होतो आणि जेव्हा प्रेशर वापीस ०
येणार तो पुन्हा फ्लॅट व्हाल हवा. पण तो होत नाही.

दुसरीकडे, जेव्हा मी २००० सेकंदांच्या कालावधीत टिश्यू हळूहळू फुगवले आणि नंतर हळूहळू
प्रेसर कमी केले, तेव्हा सेल्स ताणल्या आणि डिफ्लेशन (प्रेशर कमी करणे) झाल्यावर सपाट
स्थितीत परत आल्या. हे वर्तन सातत्याने पुनरावृत्ती होऊ शकते.

या निरीक्षणांवरून, आम्ही असा निष्कर्ष काढला की सेल्समधील ऍक्टोमायोसिन नेटवर्कला
दाबातील बदलांशी जुळवून घेण्यासाठी वेळ लागतो. जेव्हा टिश्यू वेगाने स्ट्रेच केले जाते, तेव्हा
नेटवर्कमध्ये बदलाव आण्यासाठी आणि ताणलेल्या स्थितीत समायोजित करण्यासाठी पुरेसा वेळ
नसतो. तथापि, जेव्हा स्ट्रेचिंग हळूहळू केले जाते, तेव्हा नेटवर्क दबावातील बदलांना सामावून घेऊ
शकते आणि टिश्यूना त्याच्या मूळ स्थितीत परत येऊ देते.



आकृती 5: एपीथेलीअल टिश्यू या कार्टून सारखे दिसतो. निळा भागात कमी प्रोटीन आहे, त्या मुळे जेव्हा आपण प्रेशर लावतो तर टिश्यू तिथून विलग होतो. आणि एक डोम सारखी रचना तयार होते. तुम्ही माझा अविष्कार कसा दिसते हे पाहू शकता शेवट च्या लाईनीत. मिक्रोस्कोपी मध्ये वापर असताना.

ऍक्टिव्ह व्हिस्कोइलास्टिकिटी

मी या प्रबंधात, माझ्या सहकाऱ्यांसह, टिश्यू वर्तन समजून घेण्यासाठी एक थेअरी मांडली आहे. माझे एक्सपेरिमेंटन्स आपल्याला समजावतात कि सेल्स प्रेशर आणि स्ट्रेचिंग ला कसे रिऍक्ट करतात.

मुख्यतः, ऍक्टोमायोसिन नेटवर्क सेल्सना स्ट्रेचिंग मध्ये मदत करते आणि टिश्यूना त्यांचा आकार राखण्यास मदत करते. एक्सपेरिमेंट्स दाखवतात कि सेल्समध्ये ऍक्टोमायोसिन नेटवर्कला दाब समायोजित करणे आवश्यक असते. तथापि, ऍक्टोमायोसिन नेटवर्कला हे समायोजन (अड्जस्ट) करण्यासाठी वेळ लागतो. म्हणून, जेव्हा आपण टिश्यूना वेगाने स्ट्रेच करतो तेव्हा नेटवर्कला फ्लॅट होण्यासाठी पुरेसा वेळ नसतो. दुसरीकडे, जेव्हा आपण ते हळू हळू ताणतो तेव्हा ते फ्लॅट होते.

या घटनेला व्हिस्कोइलास्टिकिटी असे म्हणतात.

ही संकल्पना चांगल्या प्रकारे समजून घेण्यास मदत करण्यासाठी, मी एक उदाहरण देतो.

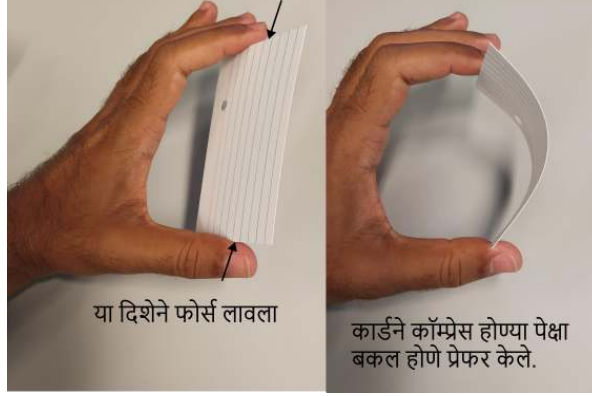
कल्पना करा की तुमच्याकडे कणकेचा तुकडा आहे. जेव्हा तुम्ही त्याला एका बोटानी दाबता तेव्हा तुम्ही लक्षात घ्याल की ते त्याचा आकार बदलू शकते आणि जेव्हा बोट हटवतात ते हळूहळू त्याच्या मूळ स्वरूपात परत येऊ शकते. हे वर्तन कणिकाच्या व्हिस्कोइलास्टिक गुणधर्मांचा परिणाम आहे.

"व्हिस्को" हा शब्द "व्हिस्कोसिटी" पासून उद्भवला आहे, जो पदार्थाची बुळबुळबुळीतपणा दर्शवतो. उदाहरणार्थ, मध हा पाण्यापेक्षा जास्त विस्कस असतो. "इलास्टिक" हा शब्द एखाद्या सामग्रीच्या स्ट्रेच केल्या वर आणि सोडल्या वर नंतर त्याचा मूळ आकार परत मिळवण्याच्या क्षमतेला सूचित करतो, अगदी रबरा सारखा.

व्हिस्कोइलास्टिक सामग्रीमध्ये या दोन्ही प्रकार च्या गोष्टी असते.

पीठ व्हिस्कोइलास्टिक आहे, पण आपले सेल्स जीवित असल्या मूळे त्यांचा व्यवहार थोडा वेगळा राहणार. सेल्स मधील ऍक्टोमायोसिन नेटवर्क रिऍक्ट करतो बाहेरील फोर्स सोबत. हे नेटवर्क स्वतः ला अड्जस्ट करू शकते. मायोसीन ची हालचाल एक ऍक्टिव्ह प्रक्रिया आहे.

माझे एक्सपेरिमेंट्सनी आपण पुष्टी करू शकतो की टिश्यू ऍक्टिव्ह व्हिस्कोइलास्टिक गुणधर्म प्रदर्शित करते.



आकृती 6: हे उदाहरण पहा, जर माझ्याकडे कार्ड असेल आणि मी आकृतीमध्ये दर्शविलेल्या दिशेने फोर्स लावतो, तर कार्ड कॉम्प्रेस व्हाल हवे, म्हणजे त्याची लांबी कमी व्हाल हवी. परंतु, आपण काय पाहतो की ते बकल करणे पसंत करते. याचे कारण असे की पातळ गोष्टी कॉम्प्रेस होण्यापेक्षा सहज वाकतात.

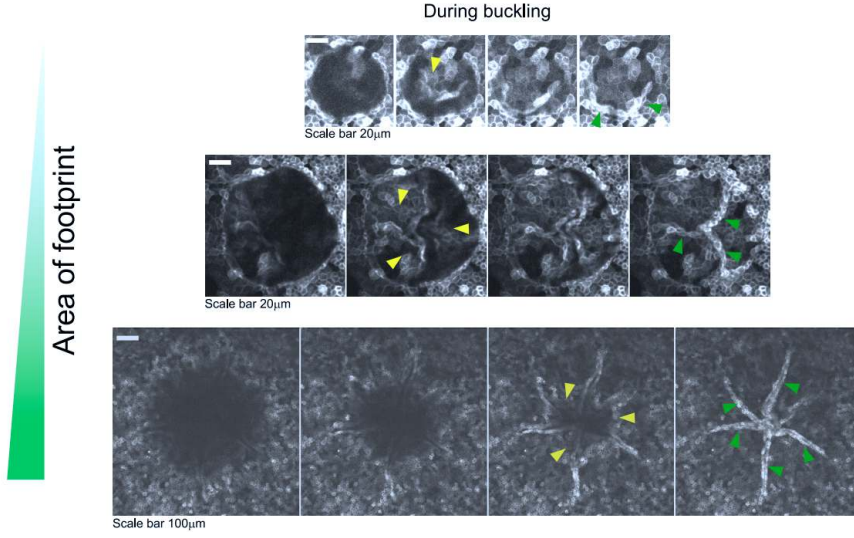
बकलिंग

वेगवेगळ्या एक्सपेरीमेंट्स पाहून आम्ही एक मनोरंजक निरीक्षण केले. जेव्हा मी त्या स्लोली स्ट्रेच करतो, माझ्या लक्षात आले की टिश्यू खूप स्ट्रेच होऊ शकतो आणि परत जसाच्या तसा वापस येऊ शकतो. पण फास्ट प्रेशर कमी केले कि टिश्यूना फ्लॅट आकारात परत येण्यासाठी पुरेसा वेळ नव्हता.

साधारणपणे, जेव्हा सेल्स ताणल्या जातात तेव्हा त्यांचे क्षेत्रफळ अंदाजे चार पटीने वाढते. जेव्हा आपण स्ट्रेचिंग झपाट्याने कमी करण्याचा प्रयत्न करतो, ज्यामुळे सेल एरिया मध्ये बदल होतो, तेव्हा ऍक्टोमायोसिन नेटवर्कला समायोजित करणे कठीण होते. नेटवर्कला नवीन परिस्थितींशी जुळवून घेण्यासाठी वेळ लागतो.

टिश्यू ला डोम पासून फ्लॅट आकार ग्या लागेल. पण ऍक्टोमायोसीन नेटवर्क मुडे ते हे करू शकणार नाही. कारण नेटवर्क ला सेल्स चा साईझ कमी करा साठी वेळ लागतो. तरीही त्याला डोम पासून फ्लॅट व्हावे लागेल. तर टिश्यू कळे एकच उपाय असणार, फोल्ड होणे. कि ते मोठा क्षेत्रफळ एका लहान जागेत फिट करू शकेल.

या फोल्डिंग प्रक्रियेला बकलिंग असे म्हणतात. जेव्हा कागद किंवा रॉड ससारख्या पातळ रचना कॉम्प्रेस केल्या जातात, तेव्हा त्या रचना वाकणे सुरू होते त्याला बकलिंग म्हणतात. आम्ही आमच्या प्रयोगांमध्येही ही घटना पाहिली.



आकृती 7: या फोटो मध्ये तुम्ही पाहू शकता कि वेगळ्या वेगळ्या साईझ चे डोम कसे बकल होतात आणि फोल्ड तयार करतात.

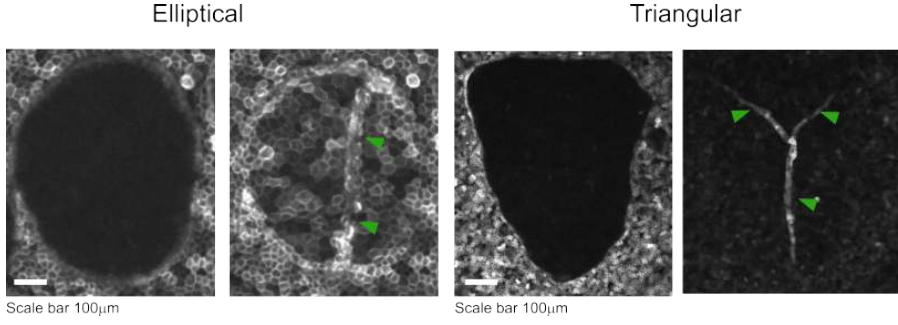
बकलिंग का होते हे समजून घेण्यासाठी, लाकूड किंवा प्लास्टिकपासून बनवलेल्या लांब, सरळ काठीचा विचार करूया. साधारणपणे, जेव्हा त्यावर हळक्यानी दाबले किंवा फोर्स लावले जाते, तेव्हा काठी सरळ आणि मजबूत राहते. तथापि, जोरानी दाबले किंवा फोर्स वापरल्यास, काहीतरी मनो-रंजक घडू शकते. सरळ राहण्याऐवजी, काठी अचानक वाकू शकते किंवा कोसळू शकते. याला बकलिंग असे म्हणतात.

बकलिंगचे कारण असे आहे की जेव्हा काठीवर जोर लावला जातो तेव्हा ती प्रतिकार करते आणि सरळ राहण्याचा प्रयत्न करते. तथापि, जर बल खूप मोठे झाले तर ते काठीच्या प्रतिकारशक्तीला ओलांडते, ज्यामुळे वाकणे होते. एकदा वाकणे सुरू झाल्यानंतर, काठी कमकुवत होते आणि शेवटी लागू केलेल्या दबावाखाली कोसळू शकते.

एक जड बॅकपॅकचा विचार करा. जर तुमच्यासाठी वजन खूप जास्त असेल तर तुमचे शरीर भाराखाली वाकू किंवा कोसळू शकते. त्याचप्रमाणे, जेव्हा एखादी लांब आणि सरळ वस्तू जास्त दाब अनुभवते, जसे की काठी किंवा संरचनात्मक घटक, तेव्हा ते बकल होऊ शकते.

आमच्या प्रयोगांमध्ये, फास्ट नकारात्मक प्रेशर टिश्यूमध्ये कॉम्प्रेसन निर्माण करते, परिणामी बकलिंग होते. याउलट, जेव्हा दाब हळूहळू कमी होतो, तेव्हा बकलिंग होत नाही.

इंजिनिरींग आणि डिझाइनमध्ये बकलिंगची संकल्पना महत्त्वपूर्ण आहे कारण ती आपल्याला संरचनांची ताकद आणि स्थिरता कशी वाढवायची हे समजून घेण्यास सक्षम करते. इमारती, पूल



आकृती 8: इथे तुम्ही पाहू शकता दोन उदाहरण, एका मध्ये सरळ लाईन सारखी फोल्ड तयार होते, आणि दुसऱ्यात एक सिम्पल नेटवर्क तयार होते.

आणि इतर संरचना कोसळल्याशिवाय किंवा अस्थिर न होता वेगवेगळ्या शक्तींचा सामना करू शकतात याची खात्री करण्यासाठी इंजिनेर बकलिंग घटनांचा अभ्यास करतात.

आम्ही विचार केला कि बकलिंगचा वापर करून आपण टिश्यू मध्ये फोल्ड कंट्रोल करू शकतो. आम्ही फोल्डचे बारकाईने परीक्षण केल्यावर, ते सतत बाजूनी घडत असल्याचे दिसले. या घटनेची अधिक चौकशी करण्यासाठी, वेगळे वेगळे साईझ चे डोम फुगवले आणि त्यांनाला फोल्ड केले बकलिंग ने. आश्चर्याची गोष्ट म्हणजे, मला आढळले की डोमचा आकार जसजसा वाढत गेला तसतसे फोल्डचे स्वरूप अधिक गुंतागुंतीचे होत गेले. लहान डोमची फोल्ड साईड ला असते, मोठे डोमच्या फोल्ड मधात असतात.

फोल्डच्या पॅटर्न नियंत्रित करण्याच्या इच्छेने प्रेरित होऊन, आम्ही अधिक प्रेडिक्टेबिलिटी प्राप्त करण्यासाठी वेगवेगळ्या आकारांचे डोम फुगवण्याचा निर्णय घेतला. उदाहरणार्थ, लंबवर्तुळाकार डोम फुगवताना, आम्ही पाहिले की बकलिंग पॅटर्न मध्यभागी वाहणारी रेषा म्हणून प्रकट होते. या-उलट, त्रिकोणी डोम फुगवताना, फोल्डनी Y- आकाराचे रेषा बनवले.

या प्रयोगांद्वारे, आम्ही यशस्वीरित्या दाखवून दिले की आम्ही फुगलेल्या डोमच्या आकारात फेरफार करून विशिष्ट फोल्ड पॅटर्न तयार करू शकतो आणि त्याचा अंदाज लावू शकतो. हा शोध टिश्यू इंजिनीअरिंग आणि इतर संबंधित क्षेत्रांमध्ये फोल्ड पॅटर्न डिझाइन आणि नियंत्रित करण्यासाठी रोमांचक शक्यता उघडतो.

निष्कर्ष

शेवटी, या प्रबंधाच्या कार्याने महत्त्वपूर्ण टप्पे गाठले आहेत आणि एपिथेलियल टिश्यू वर्तन आणि टिश्यू इंजिनीअरिंगतील त्याचे अनुप्रयोग समजून घेण्यासाठी मौल्यवान अंतर्दृष्टीचे योगदान दिले आहे. या संशोधनातून काढलेले महत्त्वाचे निष्कर्ष पुढीलप्रमाणे आहेत.

सर्वप्रथम, मोनोलेयर इन्फ्लेटर या नाविन्यपूर्ण यंत्राच्या विकासामुळे इच्छित साईझ आणि आकारात टिश्यू तयार करणे शक्य झाले आहे. हे उपकरण नियंत्रित परिस्थितीत एपिथेलियल टिश्यूच्या मेकॅनिक्स आणि वर्तनाचा अभ्यास करण्यासाठी एक मौल्यवान साधन असल्याचे सिद्ध झाले आहे.

दुसरे म्हणजे, केलेल्या तपासणीतून असे दिसून आले आहे की एपिथेलियल टिश्यू ऍक्टिव्ह व्हिस्कोइलास्टिक गुणधर्म प्रदर्शित करतात. सेल्स मध्ये ऍक्टोमायोसिन नेटवर्कची उपस्थिती दबावाशी जुळवून घेण्यात, आकार बदलण्यात आणि स्थिरता राखण्यात महत्त्वपूर्ण भूमिका बजावते. या सम-जामुळे एपिथेलियल टिश्यूच्या जटिल वर्तनाबद्दल आणि बाह्य शक्तींवरील त्याच्या प्रतिसादाबद्दलचे आपले ज्ञान अधिक वाढते.

शिवाय, अचूक दाब नियंत्रणाद्वारे, संशोधनाने बकलिंगद्वारे एपिथेलियल फोल्ड्स प्रेरित करण्याची क्षमता प्रदर्शित केली आहे. टिश्यूचे दाब आणि आकार काळजीपूर्वक हाताळून, अंदाज लावता येण्याजोगे फोल्ड्स तयार केले जाऊ शकतात. या शोधाचा परिणाम टिशू स्ट्रक्चर्सच्या डिझाईन आणि नियंत्रणावर होतो, ज्यामुळे टिश्यू इंजिनीअरिंग आणि संबंधित क्षेत्रातील प्रगतीची संधी मिळते.

या प्रबंधाच्या परिणामांमध्ये, आम्ही इच्छित आकारांमध्ये एपिथेलियल टिश्यू तयार करण्याची क्षमता, त्याचे ऍक्टिव्ह व्हिस्कोइलास्टिक स्वभाव समजून घेणे आणि अभियंता अंदाज लावता येण्याजोग्या फोल्ड्स योग्य गुणधर्मांसह कार्यात्मक टिश्यू आणि सामग्रीच्या डिझाईनसाठी नवीन मार्ग उघडतात. हे संशोधन एपिथेलियल टिश्यू मेकॅनिक्सच्या आमच्या ज्ञानाचा विस्तार करून आणि टिश्यू इंजिनीअरिंग आणि भौतिक विज्ञानातील नाविन्यपूर्ण पद्धतींच्या विकासासाठी अंतर्दृष्टी देऊन व्यापक वैज्ञानिक समुदायात योगदान देते.