



TECH REPORT

101:

Loading Stations™

膜表面应变的量化

Authors: Aisley Amegashie, B.S., Colin Frazier, B.S., Michelle E. Wall, Ph.D.,
Ruwan Sumanasinghe, Ph.D., and Albert J. Banes, Ph.D.

Document: Loading Station Tech Report, Rev 7.0

07-25-17

Culturing Cells in a Mechanically Active Environment™
Flexcell International Corporation • 2730 Tucker Street, Suite 200 • Burlington, NC 27215
800-728-3714 • (919) 732-1591 • FAX: (919) 732-5196 • www.flexcellint.com

COPYRIGHT © 2009 FLEXCELL® INTERNATIONAL CORPORATION

简介

圆柱形加载站™ (图 1, 左) 旨在为在柔性膜上培养的细胞提供均匀的径向和周向应变 (等双轴应变)。同样, Arctangle® 加载站™ (图 1, 右) 旨在为单层或三维 (3D) 凝胶基质中的细胞提供单轴应变。加载站™ 与柔性底部培养板和 Flexcell® 张力系统一起为细胞提供受控应变。

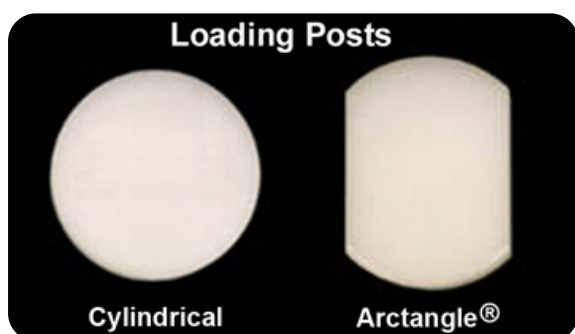


图 1. 圆柱形和 Arctangle® 负载柱。

Loading Stations™ 由 3.3" x 5" Lexan® 板和六个可拆卸的 Delrin® 平面圆柱形 (直径 28 毫米或 31 毫米; 图 2) 或 Arctangle® 加载柱组成。25 毫米平面圆柱形柱由 VisiJet® 材料 (二丙烯酸酯化合物) 制成。这些柱子位于 Lexan® 板上, 每个柱子都位于 BioFlex®、UniFlex® 或 Tissue Train® 培养板 35 毫米孔的橡胶膜下方的中心 (图 2-3)。

当对 BioFlex® 培养板施加真空时, 膜会在柱的平面上变形, 从而产生均匀的双轴应变 (图 3)。同样, 当对 Tissue Train® 或 UniFlex® 培养板施加真空时, 膜会在柱的平面上仅在东极和西极变形, 从而产生单轴应变 (图 4)。使用 Loading Stations™ 既可以限制柔性膜的膨胀, 又可以产生标称流体剪切应力。

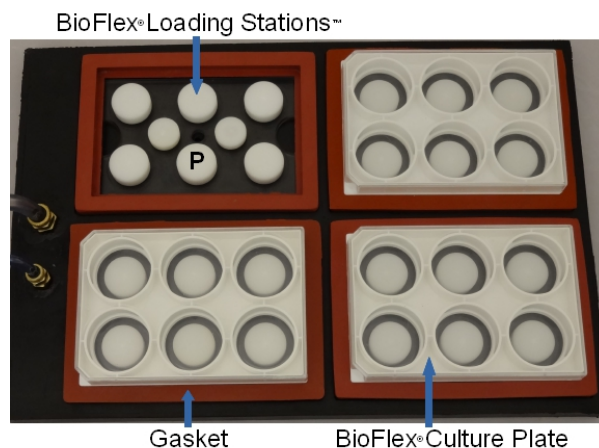


图 2. BioFlex® 底板显示带有六个装载柱 (P) 的装载站™ 和三个带有红色橡胶垫圈的 BioFlex® 培养板。

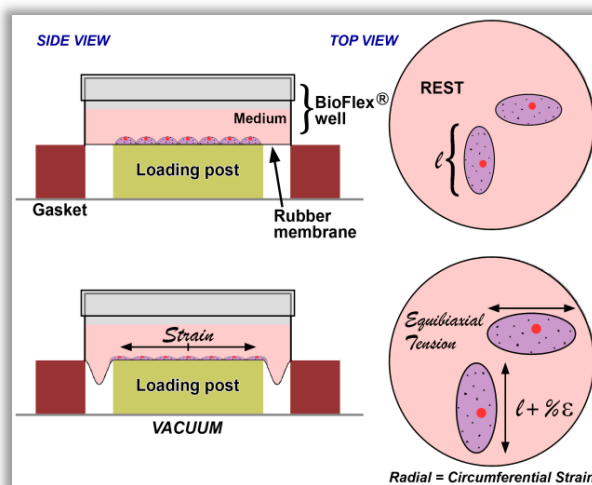


图 3. 跨圆柱形负载柱变形产生等双轴张力的膜的侧面和顶视图示意图。

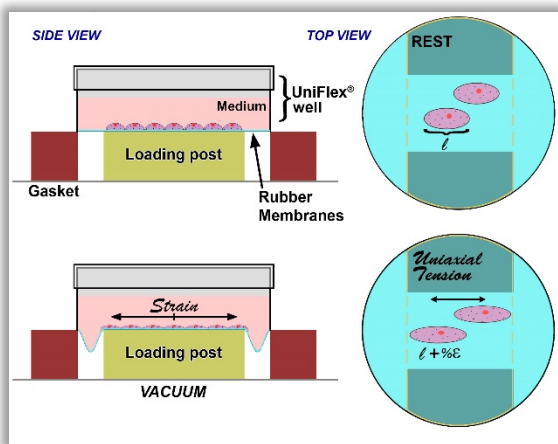


图 4. UniFlex® 孔中单轴应变示意图。

本研究的目的是确定给定真空压力水平和加载柱几何形状下的基材应变水平。

方法

四个装载站™，每个装载站有六个 Delrin® 柱，放置在 BioFlex® 底板上。通过在 BioFlex® 膜上印上点状图案，通过实验确定径向和周向应变。通过测量不同真空压力水平下一对点之间的距离变化来确定膜上不同位置的应变。所有真空压力测量均使用数字压力计进行。真空由 Leybold Trivac D8B 真空泵施加。将 Loctite® 润滑剂涂抹在每个 Delrin® 柱上，使其能够无摩擦地与橡胶膜移动。

使用以下方法测量点之间的距离：

将配备微距镜头的佳能 Compact EOS Digital Rebel XTI® 相机调平并固定在膜的正上方。调整图像的分辨率以确保每对点填充数字图像的最大水平距离，从而最大限度地提高像素数和测量精度。方案设计为以所需的压力增量逐步增加 0-90 kPa 的压力，以最大限度地实现充分采样。在每个静态步骤中，使用 Lexar™ 存储卡捕获图像。使用 Adobe Photoshop® CS2 图像分析软件测量点之间的距离。

对每个孔和加载柱站重复此过程。使用类似的方案来确定 HT BioFlex®、Tissue Train® 和 UniFlex® 培养板上的应变。

结果与讨论

下图显示了 BioFlex® 板和每个加载柱直径（25、28 和 31 毫米；图 5-7）以及 UniFlex® 和 Tissue Train® 板和 Arctangle® 加载柱（图 8-9）的平均膜伸长率相对于真空压力水平的实验结果。请参阅附录中的压力（kPa）到应变的转换表。

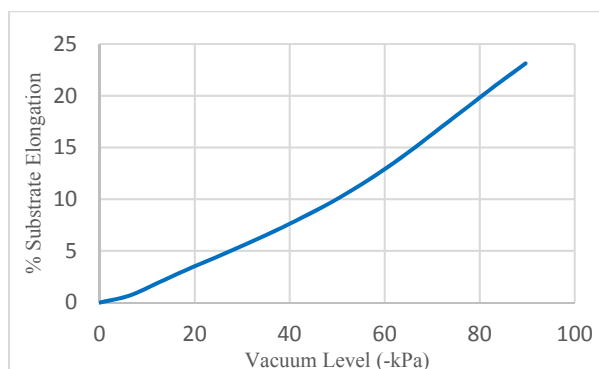


图 5. VisiJet® 25 毫米 BioFlex® 装载站™ 上的 BioFlex® 培养板的平均径向应变与真空水平的关系。

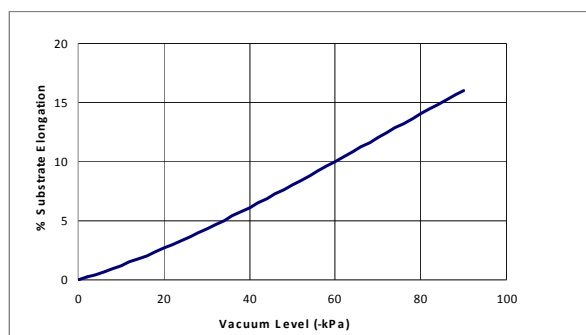


图 6. 28 毫米 BioFlex® 装载站™ 上的 BioFlex® 培养板的平均径向应变与真空水平。

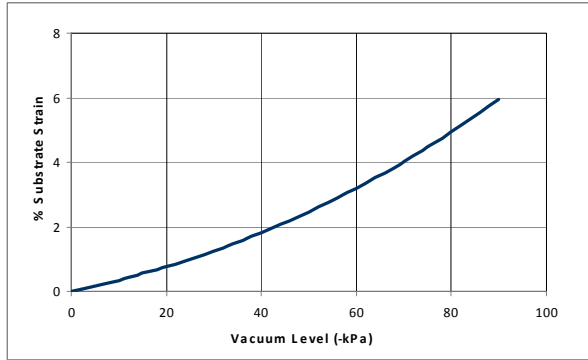


图 7. 31毫米 BioFlex® 装载站™ 上的 BioFlex® 培养板的平均径向应变与真空水平。

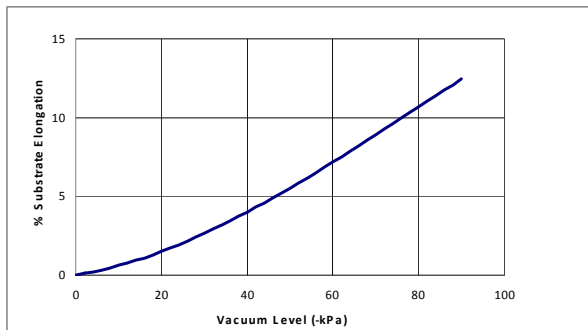


图 8. 24 毫米 Arctangle® Loading Station™ 上的 UniFlex® 培养板的平均应变与真空水平。

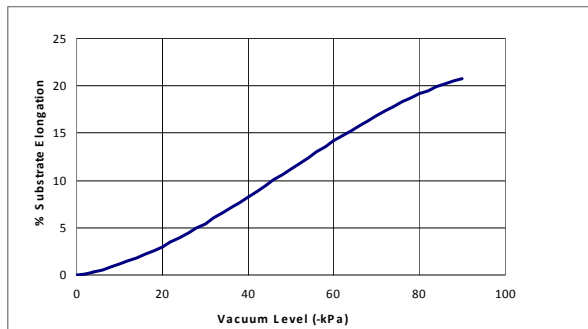


图 9. 24 毫米 Arctangle® Loading Station™ 上的 Tissue Train® 培养板的平均应变与真空水平。

结论

BioFlex® 加载站™ 为 BioFlex® 膜提供均匀的径向和周向应变。这样可以在均匀的双轴环境中进行细胞培养，所有细胞在加载柱上伸展，并接受相同的应变

量。FX-5000™ 张力系统与 VisiJet® 25mm BioFlex® 加载站™ 一起使用时可产生高达 23.0% 的基质伸长率。Arctangle® 加载站™ 为 UniFlex® 和 Tissue Train® 膜的中心区域提供单轴应变。在 UniFlex® 培养板上的整个单轴应变区域上，局部应变可以变化平均应变值的 $\pm 0.8\%$ ，最大平均应变为 12.2%。使用 Tissue Train® 培养系统应变的凝胶结构可实现高达 20.8% 的伸长率。

Lexan® is a registered tradename of G.E. Plastics Inc.;

Delrin® is a registered tradename of E. I. DuPont Co.



APPENDIX 1: BIOFLEX® 25 MM LOADING STATION™ CONVERSION CHART

<u>Press (-kPa)</u>	<u>% Elong</u>	<u>Strain</u>	<u>Press (-kPa)</u>	<u>% Elong</u>	<u>Strain</u>	<u>Press (-kPa)</u>	<u>% Elong</u>	<u>Strain</u>
0.00	0.0	0.000	28.13	5.0	0.050	49.56	10.0	0.100
0.64	0.1	0.001	28.62	5.1	0.051	49.93	10.1	0.101
1.28	0.2	0.002	29.10	5.2	0.052	50.31	10.2	0.102
1.92	0.3	0.003	29.58	5.3	0.053	50.68	10.3	0.103
2.55	0.4	0.004	30.06	5.4	0.054	51.05	10.4	0.104
3.18	0.5	0.005	30.54	5.5	0.055	51.42	10.5	0.105
3.80	0.6	0.006	31.01	5.6	0.056	51.78	10.6	0.106
4.42	0.7	0.007	31.48	5.7	0.057	52.15	10.7	0.107
5.04	0.8	0.008	31.95	5.8	0.058	52.51	10.8	0.108
5.66	0.9	0.009	32.42	5.9	0.059	52.87	10.9	0.109
6.27	1.0	0.010	32.88	6.0	0.060	53.23	11.0	0.110
6.87	1.1	0.011	33.34	6.1	0.061	53.59	11.1	0.111
7.48	1.2	0.012	33.80	6.2	0.062	53.95	11.2	0.112
8.08	1.3	0.013	34.26	6.3	0.063	54.30	11.3	0.113
8.68	1.4	0.014	34.71	6.4	0.064	54.65	11.4	0.114
9.27	1.5	0.015	35.16	6.5	0.065	55.01	11.5	0.115
9.86	1.6	0.016	35.61	6.6	0.066	55.36	11.6	0.116
10.45	1.7	0.017	36.06	6.7	0.067	55.71	11.7	0.117
11.04	1.8	0.018	36.50	6.8	0.068	56.05	11.8	0.118
11.62	1.9	0.019	36.94	6.9	0.069	56.40	11.9	0.119
12.20	2.0	0.020	37.38	7.0	0.070	56.74	12.0	0.120
12.77	2.1	0.021	37.82	7.1	0.071	57.08	12.1	0.121
13.34	2.2	0.022	38.26	7.2	0.072	57.43	12.2	0.122
13.91	2.3	0.023	38.69	7.3	0.073	57.77	12.3	0.123
14.48	2.4	0.024	39.12	7.4	0.074	58.10	12.4	0.124
15.04	2.5	0.025	39.55	7.5	0.075	58.44	12.5	0.125
15.60	2.6	0.026	39.97	7.6	0.076	58.78	12.6	0.126
16.15	2.7	0.027	40.39	7.7	0.077	59.11	12.7	0.127
16.71	2.8	0.028	40.82	7.8	0.078	59.44	12.8	0.128
17.26	2.9	0.029	41.24	7.9	0.079	59.78	12.9	0.129
17.80	3.0	0.030	41.65	8.0	0.080	60.11	13.0	0.130
18.35	3.1	0.031	42.07	8.1	0.081	60.43	13.1	0.131
18.89	3.2	0.032	42.48	8.2	0.082	60.76	13.2	0.132
19.43	3.3	0.033	42.89	8.3	0.083	61.09	13.3	0.133
19.96	3.4	0.034	43.30	8.4	0.084	61.41	13.4	0.134
20.49	3.5	0.035	43.70	8.5	0.085	61.74	13.5	0.135
21.02	3.6	0.036	44.11	8.6	0.086	62.06	13.6	0.136
21.55	3.7	0.037	44.51	8.7	0.087	62.38	13.7	0.137
22.07	3.8	0.038	44.91	8.8	0.088	62.70	13.8	0.138
22.59	3.9	0.039	45.31	8.9	0.089	63.02	13.9	0.139
23.11	4.0	0.040	45.70	9.0	0.090	63.34	14.0	0.140
23.62	4.1	0.041	46.10	9.1	0.091	63.66	14.1	0.141
24.14	4.2	0.042	46.49	9.2	0.092	63.97	14.2	0.142
24.64	4.3	0.043	46.88	9.3	0.093	64.29	14.3	0.143
25.15	4.4	0.044	47.27	9.4	0.094	64.60	14.4	0.144
25.65	4.5	0.045	47.66	9.5	0.095	64.91	14.5	0.145
26.15	4.6	0.046	48.04	9.6	0.096	65.23	14.6	0.146
26.65	4.7	0.047	48.42	9.7	0.097	65.54	14.7	0.147
27.15	4.8	0.048	48.80	9.8	0.098	65.85	14.8	0.148
27.64	4.9	0.049	49.18	9.9	0.099	66.16	14.9	0.149

**BIOFLEX® 25 MM LOADING STATION™ CONVERSION CHART**

<u>Press (-kPa)</u>	<u>% Elong</u>	<u>Strain</u>	<u>Press (-kPa)</u>	<u>% Elong</u>	<u>Strain</u>
66.46	15.0	0.150	81.02	20.0	0.200
66.77	15.1	0.151	81.30	20.1	0.201
67.08	15.2	0.152	81.58	20.2	0.202
67.38	15.3	0.153	81.86	20.3	0.203
67.69	15.4	0.154	82.15	20.4	0.204
67.99	15.5	0.155	82.43	20.5	0.205
68.29	15.6	0.156	82.71	20.6	0.206
68.59	15.7	0.157	82.99	20.7	0.207
68.89	15.8	0.158	83.27	20.8	0.208
69.19	15.9	0.159	83.56	20.9	0.209
69.49	16.0	0.160	83.84	21.0	0.210
69.79	16.1	0.161	84.12	21.1	0.211
70.09	16.2	0.162	84.40	21.2	0.212
70.39	16.3	0.163	84.69	21.3	0.213
70.68	16.4	0.164	84.97	21.4	0.214
70.98	16.5	0.165	85.25	21.5	0.215
71.27	16.6	0.166	85.53	21.6	0.216
71.57	16.7	0.167	85.82	21.7	0.217
71.86	16.8	0.168	86.10	21.8	0.218
72.15	16.9	0.169	86.38	21.9	0.219
72.45	17.0	0.170	86.67	22.0	0.220
72.74	17.1	0.171	86.95	22.1	0.221
73.03	17.2	0.172	87.24	22.2	0.222
73.32	17.3	0.173	87.52	22.3	0.223
73.61	17.4	0.174	87.81	22.4	0.224
73.90	17.5	0.175	88.09	22.5	0.225
74.19	17.6	0.176	88.38	22.6	0.226
74.48	17.7	0.177	88.67	22.7	0.227
74.76	17.8	0.178	88.95	22.8	0.228
75.05	17.9	0.179	89.24	22.9	0.229
75.34	18.0	0.180	89.53	23.0	0.230
75.63	18.1	0.181			
75.91	18.2	0.182			
76.20	18.3	0.183			
76.48	18.4	0.184			
76.77	18.5	0.185			
77.05	18.6	0.186			
77.34	18.7	0.187			
77.62	18.8	0.188			
77.91	18.9	0.189			
78.19	19.0	0.190			
78.47	19.1	0.191			
78.76	19.2	0.192			
79.04	19.3	0.193			
79.32	19.4	0.194			
79.61	19.5	0.195			
79.89	19.6	0.196			
80.17	19.7	0.197			
80.45	19.8	0.198			
80.74	19.9	0.199			