

Cuticular composite structure modification in the acorn weevil rostrum

M. Andrew Jansen,^{1,*} Nikhilesh Chawla,² and Nico M. Franz¹

¹*School of Life Sciences, Arizona State University, Tempe, AZ 85287, USA*

²*School for Engineering of Matter, Energy, and Transport,
Arizona State University, Tempe, AZ 85287, USA*

(Dated: May 24, 2018)

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

Brief explanation of relevant behavior and biology, prior work on ecology, head shape, cuticle mechanics, and rostral microstructure.

We report novel modifications of the composite microstructure of the the exoskeleton in the snout of acorn weevils. These modifications enable the snout to be flexed until straight, remaining within the elastic limits of the material, and without evident alteration of the mechanical properties of the individual components of the cuticle across the structure. Thus, the flexibility of the rostrum appears to be derived exclusively through modification of the composite architecture and fiber arrangement in the exoskeleton. Support for this hypothesis has come from three lines of evidence: first, examination of the cuticle microstructure across the length of the snout has revealed modifications to the composite structure of the rostrum; second, tensile testing of the structure has demonstrated that the mechanical strength of the cuticle components are consistent along the length of the structure among species; and, third, fatigue testing has shown that a highly curved rostrum is capable of flexing hundreds of thousands of times without damage to the structure. We additionally report on the fracture mechanics of the snout, as pertains to both cuticle composite structure and tensile behavior, and consider how modification of the cuticle may reduce the risk of rostral fracture during oviposition. To our knowledge, this is the first time such modifications have been reported for enhancing structural elasticity in the insect exoskeleton. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida plac-

erat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

Nulla malesuada porttitor diam. Donec felis erat, congue non, volutpat at, tincidunt tristique, libero. Vivamus viverra fermentum felis. Donec nonummy pellentesque ante. Phasellus adipiscing semper elit. Proin fermentum massa ac quam. Sed diam turpis, molestie vitae, placerat a, molestie nec, leo. Maecenas lacinia. Nam ipsum ligula, eleifend at, accumsan nec, suscipit a, ipsum. Morbi blandit ligula feugiat magna. Nunc eleifend consequat lorem. Sed lacinia nulla vitae enim. Pellentesque tincidunt purus vel magna. Integer non enim. Praesent euismod nunc eu purus. Donec bibendum quam in tellus. Nullam cursus pulvinar lectus. Donec et mi. Nam vulputate metus eu enim. Vestibulum pellentesque felis eu massa.

Quisque ullamcorper placerat ipsum. Cras nibh. Morbi vel justo vitae lacus tincidunt ultrices. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. In hac habitasse platea dictumst. Integer tempus convallis augue. Etiam facilisis. Nunc elementum fermentum wisi. Aenean placerat. Ut imperdiet, enim sed gravida sollicitudin, felis odio placerat quam, ac pulvinar elit purus eget enim. Nunc vitae tortor. Proin tempus nibh sit amet nisl. Vivamus quis tortor vitae risus porta vehicula.

Fusce mauris. Vestibulum luctus nibh at lectus. Sed

* corresponding author, email: majansel@asu.edu

87 bibendum, nulla a faucibus semper, leo velit ultricies tel-
88 lus, ac venenatis arcu wisi vel nisl. Vestibulum diam. Ali-
89 quam pellentesque, augue quis sagittis posuere, turpis la-
90 cus congue quam, in hendrerit risus eros eget felis. Mae-
91 cenas eget erat in sapien mattis porttitor. Vestibulum
92 porttitor. Nulla facilisi. Sed a turpis eu lacus commodo
93 facilisis. Morbi fringilla, wisi in dignissim interdum, justo
94 lectus sagittis dui, et vehicula libero dui cursus dui. Mau-
95 ris tempor ligula sed lacus. Duis cursus enim ut augue.
96 Cras ac magna. Cras nulla. Nulla egestas. Curabitur a
97 leo. Quisque egestas wisi eget nunc. Nam feugiat lacus
98 vel est. Curabitur consectetur.

99 Suspendisse vel felis. Ut lorem lorem, interdum eu,
100 tincidunt sit amet, laoreet vitae, arcu. Aenean faucibus
101 pede eu ante. Praesent enim elit, rutrum at, molestie
102 non, nonummy vel, nisl. Ut lectus eros, malesuada sit
103 amet, fermentum eu, sodales cursus, magna. Donec eu
104 purus. Quisque vehicula, urna sed ultricies auctor, pede
105 lorem egestas dui, et convallis elit erat sed nulla. Donec
106 luctus. Curabitur et nunc. Aliquam dolor odio, com-
107 modo pretium, ultricies non, pharetra in, velit. Integer
108 arcu est, nonummy in, fermentum faucibus, egestas vel,
109 odio.

110 Sed commodo posuere pede. Mauris ut est. Ut quis
111 purus. Sed ac odio. Sed vehicula hendrerit sem. Duis
112 non odio. Morbi ut dui. Sed accumsan risus eget odio.
113 In hac habitasse platea dictumst. Pellentesque non elit.
114 Fusce sed justo eu urna porta tincidunt. Mauris felis
115 odio, sollicitudin sed, volutpat a, ornare ac, erat. Morbi
116 quis dolor. Donec pellentesque, erat ac sagittis semper,
117 nunc dui lobortis purus, quis congue purus metus ul-
118 tricies tellus. Proin et quam. Class aptent taciti sociosqu
119 ad litora torquent per conubia nostra, per inceptos hy-
120 menaeos. Praesent sapien turpis, fermentum vel, eleifend
121 faucibus, vehicula eu, lacus.

122 MICROSTRUCTURE

123 Display 1: Pictures of heads, macrofiber arrangement,
124 and exo-endo ratio at base and apex, across species Ex-
125 plain how everything is laid out across the length of the
126 rostrum, emphasizing that this is key to predicting and
127 understanding the mechanical behavior of the snout dur-
128 ing bending. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur
129 adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac,
130 adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris.
131 Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulpu-
132 tate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pel-
133 lentesque habitant morbi tristique senectus et netus et
134 malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras
135 viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum
136 urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor
137 gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium
138 quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices
139 bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, male-
140 suada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor
141 semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi,

142 congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis
143 eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

144 Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollici-
145 tudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam la-
146 cus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus.
147 Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula
148 aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac
149 orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras
150 nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque pe-
151 natibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridicu-
152 lus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper
153 vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

154 Nulla malesuada porttitor diam. Donec felis erat,
155 congue non, volutpat at, tincidunt tristique, libero. Vi-
156 vamus viverra fermentum felis. Donec nonummy pellen-
157 tesque ante. Phasellus adipiscing semper elit. Proin fer-
158 mentum massa ac quam. Sed diam turpis, molestie vitae,
159 placerat a, molestie nec, leo. Maecenas lacinia. Nam ip-
160 sum ligula, eleifend at, accumsan nec, suscipit a, ipsum.
161 Morbi blandit ligula feugiat magna. Nunc eleifend con-
162 sequat lorem. Sed lacinia nulla vitae enim. Pellentesque
163 tincidunt purus vel magna. Integer non enim. Praesent
164 euismod nunc eu purus. Donec bibendum quam in tel-
165 lus. Nullam cursus pulvinar lectus. Donec et mi. Nam
166 vulputate metus eu enim. Vestibulum pellentesque felis
167 eu massa.

168 Quisque ullamcorper placerat ipsum. Cras nibh.
169 Morbi vel justo vitae lacus tincidunt ultrices. Lorem ip-
170 sum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. In hac
171 habitasse platea dictumst. Integer tempus convallis au-
172 gue. Etiam facilisis. Nunc elementum fermentum wisi.
173 Aenean placerat. Ut imperdiet, enim sed gravida sollici-
174 tudin, felis odio placerat quam, ac pulvinar elit purus
175 eget enim. Nunc vitae tortor. Proin tempus nibh sit
176 amet nisl. Vivamus quis tortor vitae risus porta vehic-
177 ula.

178 Fusce mauris. Vestibulum luctus nibh at lectus. Sed
179 bibendum, nulla a faucibus semper, leo velit ultricies tel-
180 lus, ac venenatis arcu wisi vel nisl. Vestibulum diam. Ali-
181 quam pellentesque, augue quis sagittis posuere, turpis la-
182 cus congue quam, in hendrerit risus eros eget felis. Mae-
183 cenas eget erat in sapien mattis porttitor. Vestibulum
184 porttitor. Nulla facilisi. Sed a turpis eu lacus commodo
185 facilisis. Morbi fringilla, wisi in dignissim interdum, justo
186 lectus sagittis dui, et vehicula libero dui cursus dui. Mau-
187 ris tempor ligula sed lacus. Duis cursus enim ut augue.
188 Cras ac magna. Cras nulla. Nulla egestas. Curabitur a
189 leo. Quisque egestas wisi eget nunc. Nam feugiat lacus
190 vel est. Curabitur consectetur.

191 Suspendisse vel felis. Ut lorem lorem, interdum eu,
192 tincidunt sit amet, laoreet vitae, arcu. Aenean faucibus
193 pede eu ante. Praesent enim elit, rutrum at, molestie
194 non, nonummy vel, nisl. Ut lectus eros, malesuada sit
195 amet, fermentum eu, sodales cursus, magna. Donec eu
196 purus. Quisque vehicula, urna sed ultricies auctor, pede
197 lorem egestas dui, et convallis elit erat sed nulla. Donec
198 luctus. Curabitur et nunc. Aliquam dolor odio, com-
199 modo pretium, ultricies non, pharetra in, velit. Integer

200 arcu est, nonummy in, fermentum faucibus, egestas vel,
201 odio.

202 Sed commodo posuere pede. Mauris ut est. Ut quis
203 purus. Sed ac odio. Sed vehicula hendrerit sem. Duis
204 non odio. Morbi ut dui. Sed accumsan risus eget odio.
205 In hac habitasse platea dictumst. Pellentesque non elit.
206 Fusce sed justo eu urna porta tincidunt. Mauris felis
207 odio, sollicitudin sed, volutpat a, ornare ac, erat. Morbi
208 quis dolor. Donec pellentesque, erat ac sagittis semper,
209 nunc dui lobortis purus, quis congue purus metus ul-
210 tricies tellus. Proin et quam. Class aptent taciti sociosqu
211 ad litora torquent per conubia nostra, per inceptos hy-
212 menaeos. Praesent sapien turpis, fermentum vel, eleifend
213 faucibus, vehicula eu, lacus.

214 TENSILE TESTING AND FRACTURE 215 MECHANICS

216 The predicted behavior of the snout is borne out by the
217 data, where UTS is strongly correlated with the cross-
218 sectional area of the endocuticle across species. Lorem
219 ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut pu-
220 rus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis.
221 Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, non-
222 ummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec
223 vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi
224 tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis
225 egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem.
226 Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasel-
227 lus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer
228 sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc.
229 Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean
230 faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at,
231 mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec
232 varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan
233 eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci
234 dignissim rutrum.

235 Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollici-
236 tudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lac-
237 us libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus.
238 Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula
239 aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac
240 orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras
241 nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque pe-
242 natibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridicu-
243 lus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper
244 vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

245 Nulla malesuada porttitor diam. Donec felis erat,
246 congue non, volutpat at, tincidunt tristique, libero. Vi-
247 vamus viverra fermentum felis. Donec nonummy pellen-
248 tesque ante. Phasellus adipiscing semper elit. Proin fer-
249 mentum massa ac quam. Sed diam turpis, molestie vitae,
250 placerat a, molestie nec, leo. Maecenas lacinia. Nam ip-
251 sum ligula, eleifend at, accumsan nec, suscipit a, ipsum.
252 Morbi blandit ligula feugiat magna. Nunc eleifend conse-
253 quat lorem. Sed lacinia nulla vitae enim. Pellentesque
254 tincidunt purus vel magna. Integer non enim. Praesent

255 euismod nunc eu purus. Donec bibendum quam in tel-
256 lus. Nullam cursus pulvinar lectus. Donec et mi. Nam
257 vulputate metus eu enim. Vestibulum pellentesque felis
258 eu massa.

259 Quisque ullamcorper placerat ipsum. Cras nibh.
260 Morbi vel justo vitae lacus tincidunt ultrices. Lorem ip-
261 sum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. In hac
262 habitasse platea dictumst. Integer tempus convallis au-
263 gue. Etiam facilisis. Nunc elementum fermentum wisi.
264 Aenean placerat. Ut imperdiet, enim sed gravida sollic-
265 itudin, felis odio placerat quam, ac pulvinar elit purus
266 eget enim. Nunc vitae tortor. Proin tempus nibh sit
267 amet nisl. Vivamus quis tortor vitae risus porta vehic-
268 ula.

269 Fusce mauris. Vestibulum luctus nibh at lectus. Sed
270 bibendum, nulla a faucibus semper, leo velit ultricies tel-
271 lus, ac venenatis arcu wisi vel nisl. Vestibulum diam. Ali-
272 quam pellentesque, augue quis sagittis posuere, turpis la-
273 cus congue quam, in hendrerit risus eros eget felis. Mae-
274 cenas eget erat in sapien mattis porttitor. Vestibulum
275 porttitor. Nulla facilisi. Sed a turpis eu lacus commodo
276 facilisis. Morbi fringilla, wisi in dignissim interdum, justo
277 lectus sagittis dui, et vehicula libero dui cursus dui. Mau-
278 ris tempor ligula sed lacus. Duis cursus enim ut augue.
279 Cras ac magna. Cras nulla. Nulla egestas. Curabitur a
280 leo. Quisque egestas wisi eget nunc. Nam feugiat lacus
281 vel est. Curabitur consectetur.

282 Suspendisse vel felis. Ut lorem lorem, interdum eu,
283 tincidunt sit amet, laoreet vitae, arcu. Aenean faucibus
284 pede eu ante. Praesent enim elit, rutrum at, molestie
285 non, nonummy vel, nisl. Ut lectus eros, malesuada sit
286 amet, fermentum eu, sodales cursus, magna. Donec eu
287 purus. Quisque vehicula, urna sed ultricies auctor, pede
288 lorem egestas dui, et convallis elit erat sed nulla. Donec
289 luctus. Curabitur et nunc. Aliquam dolor odio, com-
290 modo pretium, ultricies non, pharetra in, velit. Integer
291 arcu est, nonummy in, fermentum faucibus, egestas vel,
292 odio.

293 Sed commodo posuere pede. Mauris ut est. Ut quis
294 purus. Sed ac odio. Sed vehicula hendrerit sem. Duis
295 non odio. Morbi ut dui. Sed accumsan risus eget odio.
296 In hac habitasse platea dictumst. Pellentesque non elit.
297 Fusce sed justo eu urna porta tincidunt. Mauris felis
298 odio, sollicitudin sed, volutpat a, ornare ac, erat. Morbi
299 quis dolor. Donec pellentesque, erat ac sagittis semper,
300 nunc dui lobortis purus, quis congue purus metus ul-
301 tricies tellus. Proin et quam. Class aptent taciti sociosqu
302 ad litora torquent per conubia nostra, per inceptos hy-
303 menaeos. Praesent sapien turpis, fermentum vel, eleifend
304 faucibus, vehicula eu, lacus.

305 FATIGUE TESTING OF CURCULIO CARYAE

306 Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing
307 elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipisc-
308 ing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam
309 arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a,

magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

Nulla malesuada porttitor diam. Donec felis erat, congue non, volutpat at, tincidunt tristique, libero. Vivamus viverra fermentum felis. Donec nonummy pellentesque ante. Phasellus adipiscing semper elit. Proin fermentum massa ac quam. Sed diam turpis, molestie vitae, placerat a, molestie nec, leo. Maecenas lacinia. Nam ipsum ligula, eleifend at, accumsan nec, suscipit a, ipsum. Morbi blandit ligula feugiat magna. Nunc eleifend consequat lorem. Sed lacinia nulla vitae enim. Pellentesque tincidunt purus vel magna. Integer non enim. Praesent euismod nunc eu purus. Donec bibendum quam in tellus. Nullam cursus pulvinar lectus. Donec et mi. Nam vulputate metus eu enim. Vestibulum pellentesque felis eu massa.

Quisque ullamcorper placerat ipsum. Cras nibh. Morbi vel justo vitae lacus tincidunt ultrices. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. In hac habitasse platea dictumst. Integer tempus convallis augue. Etiam facilisis. Nunc elementum fermentum wisi. Aenean placerat. Ut imperdiet, enim sed gravida sollicitudin, felis odio placerat quam, ac pulvinar elit purus eget enim. Nunc vitae tortor. Proin tempus nibh sit amet nisl. Vivamus quis tortor vitae risus porta vehicula.

Fusce mauris. Vestibulum luctus nibh at lectus. Sed bibendum, nulla a faucibus semper, leo velit ultricies tellus, ac venenatis arcu wisi vel nisl. Vestibulum diam. Aliquam pellentesque, augue quis sagittis posuere, turpis lacus congue quam, in hendrerit risus eros eget felis. Maecenas eget erat in sapien mattis porttitor. Vestibulum porttitor. Nulla facilisi. Sed a turpis eu lacus commodo facilisis. Morbi fringilla, wisi in dignissim interdum, justo lectus sagittis dui, et vehicula libero dui cursus dui. Mauris tempor ligula sed lacus. Duis cursus enim ut augue. Cras ac magna. Cras nulla. Nulla egestas. Curabitur a leo. Quisque egestas wisi eget nunc. Nam feugiat lacus

vel est. Curabitur consectetur.

Suspendisse vel felis. Ut lorem lorem, interdum eu, tincidunt sit amet, laoreet vitae, arcu. Aenean faucibus pede eu ante. Praesent enim elit, rutrum at, molestie non, nonummy vel, nisl. Ut lectus eros, malesuada sit amet, fermentum eu, sodales cursus, magna. Donec eu purus. Quisque vehicula, urna sed ultricies auctor, pede lorem egestas dui, et convallis elit erat sed nulla. Donec luctus. Curabitur et nunc. Aliquam dolor odio, commodo pretium, ultricies non, pharetra in, velit. Integer arcu est, nonummy in, fermentum faucibus, egestas vel, odio.

Sed commodo posuere pede. Mauris ut est. Ut quis purus. Sed ac odio. Sed vehicula hendrerit sem. Duis non odio. Morbi ut dui. Sed accumsan risus eget odio. In hac habitasse platea dictumst. Pellentesque non elit. Fusce sed justo eu urna porta tincidunt. Mauris felis odio, sollicitudin sed, volutpat a, ornare ac, erat. Morbi quis dolor. Donec pellentesque, erat ac sagittis semper, nunc dui lobortis purus, quis congue purus metus ultricies tellus. Proin et quam. Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent per conubia nostra, per inceptos hymenaeos. Praesent sapien turpis, fermentum vel, eleifend faucibus, vehicula eu, lacus.

CONCLUSION

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque phare-

tra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam,

luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

METHODS

Methods, including statements of data availability and any associated accession codes and references, are available in the online version of this paper.

REFERENCES

- [1] Leslie Lamport, *L^AT_EX: a document preparation system*, Addison Wesley, Massachusetts, 2nd edition, 1994.

ADDITIONAL INFORMATION

Supplementary information is available in the online version of the paper. Reprints and permissions information is available online at www.nature.com/reprints. Correspondence and requests for materials should be addressed to M.A.J.

ACKNOWLEDGMENTS

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

COMPETING FINANCIAL INTERESTS

The authors declare no competing financial interests.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

METHODS

Method 1

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

Method 2

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla

tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

Method 3

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

588 velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum
 589 dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla
 590 tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellen-
 591 tesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit
 592 sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blan-
 593 dit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus
 594 a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum.
 595 Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper. Lorem
 596 ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam
 597 lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque phare-
 598 tra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec
 599 ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ul-
 600 trices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vi-
 601 vamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in,
 602 velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum
 603 dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla
 604 tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellen-
 605 tesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed
 606 elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit
 607 blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam,
 608 luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet
 609 ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

Statistical analysis

611 Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing
 612 elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque
 613 pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante.
 614 Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus
 615 velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede.
 616 Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in,
 617 velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum
 618 dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla
 619 tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellen-
 620 tesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit
 621 sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blan-
 622 dit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus
 623 a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum.
 624 Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper. Lorem
 625 ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam
 626 lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque phare-
 627 tra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec
 628 ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ul-
 629 trices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vi-
 630 vamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in,
 631 velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum
 632 dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla
 633 tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellen-
 634 tesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit
 635 sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blan-
 636 dit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus
 637 a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum.
 638 Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper. Lorem
 639 ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam
 640 lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque phare-
 641 tra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec
 642 ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ul-

643 trices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vi-
 644 vamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in,
 645 velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum
 646 dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla
 647 tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellen-
 648 tesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed
 649 elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit
 650 blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam,
 651 luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet
 652 ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

Code availability

654 Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing
 655 elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque
 656 pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante.
 657 Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus
 658 velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede.
 659 Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in,
 660 velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum
 661 dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla
 662 tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellen-
 663 tesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit
 664 sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blan-
 665 dit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus
 666 a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum.
 667 Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper. Lorem
 668 ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam
 669 lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque phare-
 670 tra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec
 671 ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ul-
 672 trices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vi-
 673 vamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in,
 674 velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum
 675 dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla
 676 tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellen-
 677 tesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit
 678 sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blan-
 679 dit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus
 680 a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum.
 681 Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper. Lorem
 682 ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam
 683 lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque phare-
 684 tra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec
 685 ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ul-
 686 trices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vi-
 687 vamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in,
 688 velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum
 689 dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla
 690 tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellen-
 691 tesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed
 692 elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit
 693 blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam,
 694 luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet
 695 ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

Data availability

697 Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing
698 elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque
699 pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante.
700 Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus
701 velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede.
702 Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in,
703 velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum
704 dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla
705 tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque
706 placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit
707 sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit
708 mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus
709 a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum.
710 Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper. Lorem
711 ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam
712 lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra
713 sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec
714 ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices
715 augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus
716 nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in,

717 velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum
718 dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla
719 tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque
720 placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit
721 sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit
722 mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus
723 a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum.
724 Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper. Lorem
725 ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam
726 lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra
727 sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec
728 ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices
729 augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus
730 nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in,
731 velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum
732 dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla
733 tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque
734 placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed
735 elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit
736 blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam,
737 luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet
738 ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

REFERENCES

- 740 [1] Leslie Lamport, *LaTeX: a document preparation system*,
741 Addison Wesley, Massachusetts, 2nd edition, 1994.