



计算防晒霜 SPF值的 体外光谱 方法

引言

太阳发出可以到达地球的紫外线 (UV) A和紫外线B, 二者均是电磁波的一部分。UVA的波长范围是400~320 nm, UVB的波长范围是320~290 nm。UVA可以穿透皮肤外部的表皮层和内部的真皮层, 是表皮层角质化细胞破坏 (皮肤癌中常见的现象) 的主要因素。

虽然UVB不能穿透真皮层, 但是其波长较短, 所以强度更高。两种紫外线都可能都可能导致晒伤、皮肤癌和其他皮肤损伤, 对人类造成严重的伤害。为了防止这些伤害的发生, 一般建议使用防晒霜。防晒霜可以吸收或者反射有害的紫外线, 阻止其到达皮肤, 从而达到保护皮肤的目的。暴露于阳光下时, 使用防晒霜可以极大降低损伤皮肤细胞和产生皮肤癌的风险。在本研究中, 使用PerkinElmer® Lambda™ 1050紫外-可见-近红外光谱仪和150 mm积分球测量医用胶带基底上防晒霜的漫透射数据。使用胶带作为人类皮肤的模拟物测试防晒霜的防晒系数 (SPF), 比使用人类皮肤更加方便而且经济。

Author

Jillian F. Dlugos

Glenelg High School
Glenelg, MD USA

PerkinElmer, Inc.
Shelton, CT USA

实验部分

使用透射方法测试了多种品牌的医用胶带，以确定哪种胶带是最好的人类皮肤替代品。使用医用胶带作为防晒霜测试的人类皮肤替代品，比在真实皮肤上进行产品测试更加安全。为了用透射方法测试胶带和猪皮，样品需要放置于积分球前方的透射口。图1所示为150 mm积分球的光路图，标明了进行散透射测试时样品的放置位置（透射口）。

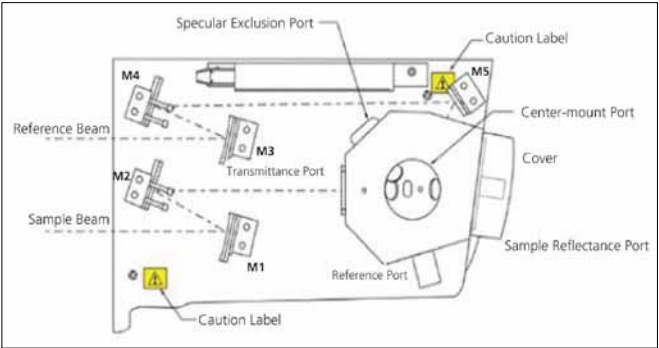


图1 150 mm积分球的光路图

使用透射方式测试样品是计算光线穿过样品的程度，据此也可以知道样品对光线的吸收程度。图2说明了将样品放置在透射口进行测试时，光线穿过样品后的情况。

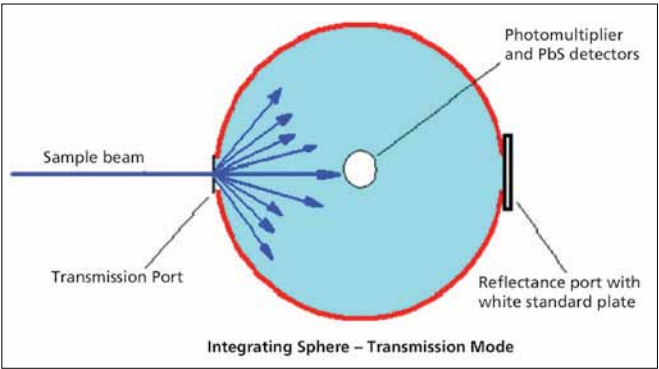


图2 使用积分球进行漫透射测试时的样品光路

医用胶带、猪皮和人类皮肤都是不完全透明的样品，会对光源发出的光产生散射作用。在光源发出的光束穿过样品之后，积分球可以收集散射光。对胶带透射光谱与猪皮透射光谱进行比较，以确定哪种品牌的胶带可以最准确地模拟人类皮肤。Nexcare® Transpore医用胶带与猪皮的光谱最

为接近。接下来，使用透射模式对不同层数的胶带进行测试。结果表明，在双层、三层和四层胶带中，背靠背放置的双层胶带与猪皮最为接近。图3所示为猪皮和胶带在UVA和UVB区域的透过率光谱。

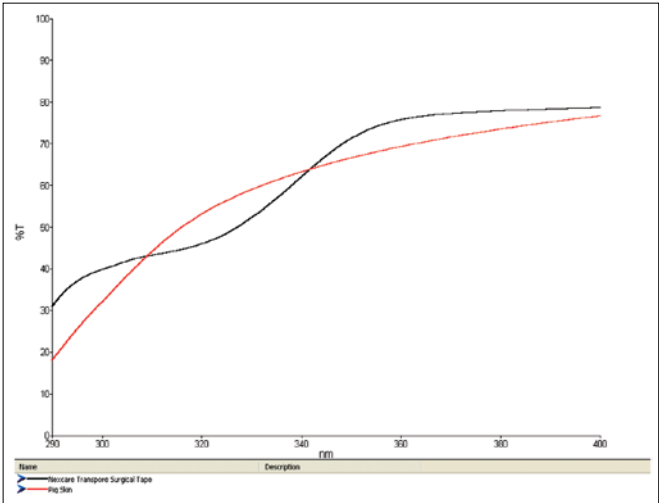


图3 表皮（猪）与胶带的漫透射光谱比较（UVA+UVB）

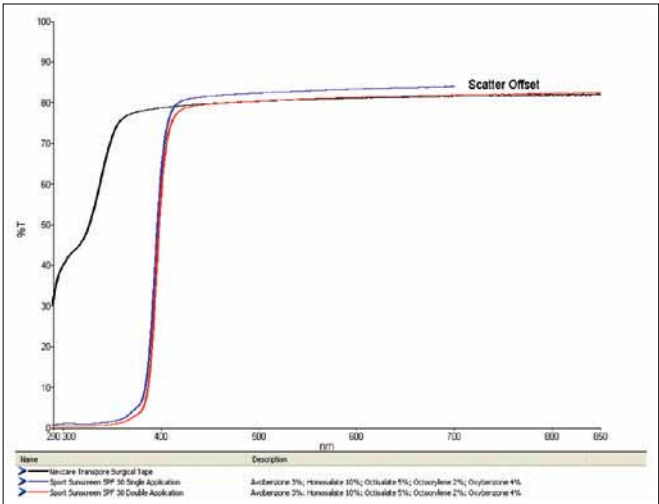


图4 胶带及其涂抹防晒霜后的漫透射光谱

确定了能够最好地模拟猪皮的胶带类型与层数之后，可以使用胶带代替真正的人类皮肤测试各种防晒霜使用方式。所使用的测试方式为：用手指将防晒霜涂抹于胶带的两面，或者在胶带上喷洒两次防晒霜。使用在胶带上的防晒霜是Sport® Sunscreen SPF 30。

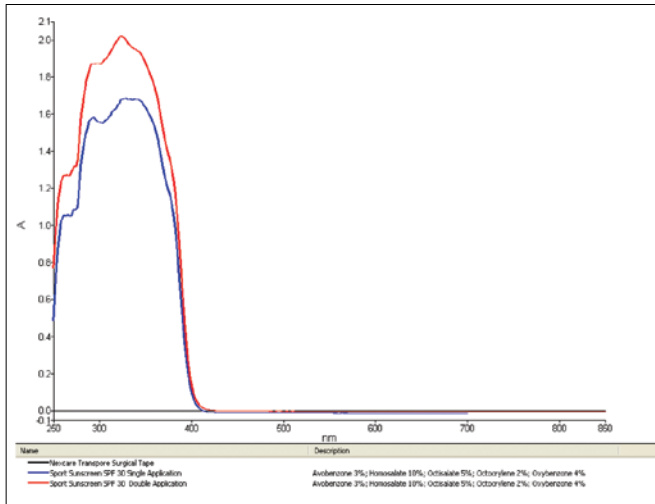


图5吸光度形式的漫透射光谱

图4所示为双层Nexcare医用胶带, 涂抹了防晒霜的双层胶带(两面)以及喷洒了两次防晒霜的双层胶带的百分比透过率光谱。光谱测试范围为250~800 nm, 以观察样品的散射性质。S形曲线的产生是因为样品上有防晒霜。为了计算防晒霜的SPF, 需要对原始光谱进行一些处理。首先, 透过率光谱(图4)需要转换成吸光度光谱(图5)。

接下来, 需要从使用了防晒霜的胶带光谱中减去胶带本身的光谱, 从而获得防晒霜的光谱。差谱处理使得图5中的黑色线变为平直的零基线。在减去了胶带的光谱之后, 将防晒霜的光谱转换回百分比透过率谱。将百分比透过率谱除以100, 得到透射比光谱。百分比透过率是0到100之间的数值, 透射比是0到1之间的数值。

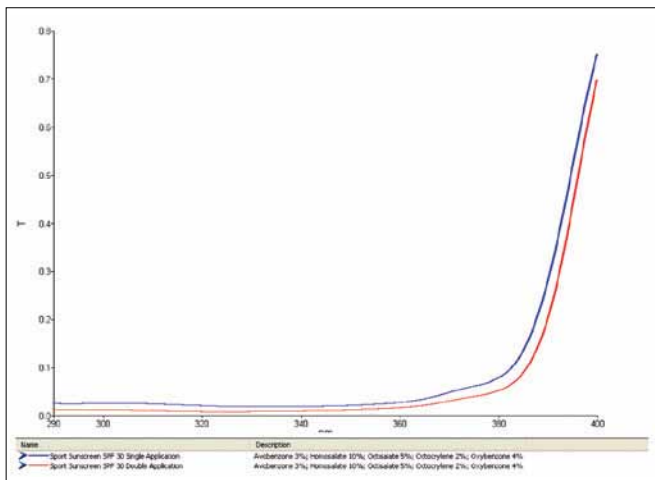


图6用于电子表格计算SPF的转化为透射比的胶带和防晒霜光谱

图6显示了可以用于计算SPF值的透射比光谱。图7所示为复制到Excel®电子表格中的数据以及计算的SPF值。SPF计算过程中只使用290~400 nm的数据, 也就是UVA与UVB区域。

	A	B	C	D	E	F	G
	Wavelength/nm	I (from spectra)	1/I	Erythema action spectrum	UVA radiation source W.m-2.nm-1	E ₀	E ₀ /I(λ)
18	290	0.021884	45.6942405	8.88E-03	4.84E-02	4.14E-04	9.07E-05
19	300	0.021466	46.5810029	8.88E-03	4.87E-02	5.88E-04	1.36E-05
20	310	0.021375	46.7842379	8.88E-03	1.38E-01	7.52E-04	1.81E-05
21	320	0.020784	48.118918	4.47E-03	2.07E-01	8.27E-04	1.99E-05
22	330	0.020287	49.2862367	2.50E-03	2.05E-01	1.09E-03	2.22E-05
23	340	0.020875	48.097546	2.80E-03	4.29E-01	1.34E-03	2.88E-05
24	350	0.020137	49.6523061	2.33E-03	7.69E-01	1.77E-03	3.58E-05
25	360	0.020226	49.4488061	1.88E-03	5.22E-01	1.82E-03	3.74E-05
26	370	0.020389	49.0482352	1.51E-03	5.22E-01	1.82E-03	3.74E-05
27	380	0.020589	48.77848374	1.41E-03	1.51E+00	2.38E-03	4.27E-05
28	390	0.020862	48.7712325	1.39E-03	5.88E-01	2.47E-03	4.93E-05
29	400	0.020934	48.2117964	1.32E-03	2.18E+00	2.61E-03	5.79E-05
30	310	0.020111	49.7282351	1.27E-03	2.44E+00	3.11E-03	6.32E-05
31	320	0.020319	49.2182282	1.23E-03	2.83E+00	3.49E-03	7.08E-05
32	330	0.02054	48.6711482	1.18E-03	3.18E+00	3.79E-03	7.66E-05
33	340	0.02084	48.7842364	9.88E-04	5.61E+00	3.43E-03	1.13E-04
34	350	0.02158	4.75278405	1.84E-04	2.01E+00	3.78E-04	7.78E-05
35	360	0.020817	4.11259883	1.78E-04	1.84E+00	2.52E-04	7.08E-05
36	370	0.020112	3.98754891	1.72E-04	1.91E+00	2.28E-04	8.31E-05
37	380	0.021463	3.11108288	1.68E-04	1.01E+00	1.71E-04	3.48E-05
38	390	0.020888	2.72828329	1.62E-04	7.99E-01	1.77E-04	4.94E-05
39	400	0.02154	2.40782021	1.58E-04	5.88E-01	8.28E-05	6.88E-05
40	310	0.020111	2.34528261	1.62E-04	4.48E-01	8.48E-05	1.18E-04
41	320	0.020319	1.3203081	1.45E-04	3.28E-01	4.71E-05	2.48E-05
42	330	0.020589	1.7544771	1.45E-04	2.39E-01	3.11E-05	1.82E-05
43	340	0.02084	1.4128771	1.35E-04	1.98E-01	2.18E-05	1.32E-05
44	350	0.02158	1.49640584	1.30E-04	1.04E-01	1.38E-05	9.35E-06
45	360	0.020817	1.40171362	1.38E-04	4.84E-02	6.54E-06	4.54E-06
46	370	0.020112	1.12777773	1.22E-04	8.47E-02	1.02E-05	7.95E-06
47							
48							
49							
50							
51							
52							
53							
54							
55							
56							
57							
58							
59							
60							
61							
62							
63							
64							
65							
66							
67							
68							
69							
70							
71							
72							
73							
74							
75							
76							
77							
78							
79							
80							
81							
82							
83							
84							
85							
86							
87							
88							
89							
90							
91							
92							
93							
94							
95							
96							
97							
98							
99							
100							
101							
102							
103							
104							
105							
106							
107							
108							
109							
110							
111							
112							
113							
114							
115							
116							
117							
118							
119							
120							
121							
122							
123							
124							
125							
126							
127							
128							
129							
130							
131							
132							
133							
134							
135							
136							
137							
138							
139							
140							
141							
142							
143							
144							
145							
146							
147							
148							
149							
150							
151							
152							
153							
154							
155							
156							
157							
158							
159							
160							
161							
162							
163							
164							
165							
166							
167							
168							
169							
170							
171							
172							
173							
174							
175							
176							
177							
178							
179							
180							
181							
182							
183							
184							
185							
186							
187							
188							
189							
190							
191							
192							
193							
194							
195							
196							
197							
198							
199							
200							
201							
202							
203							
204							
205							
206							
207							
208							
209							
210							
211							
212							
213							
214							
215							
216							
217							
218							
219							
220							
221							
222							
223							
224							
225							
226							
227							
228							
229							
230							
231							
232							
233							
234							
235							
236							
237							
238							
239							
240							
241							
242							
243							
244							
245							
246							
247							
248							
249							
250							
251							
252							
253							
254							
255							

图8所示为随波长变化的SPF常数：辐射能量与反应单位的乘积 (EXA)。绿色点线代表了不同波长处太阳的辐射能量。从图中可以看出，350~370 nm区域的太阳辐射能量最强。在SPF计算公式中，E与A相乘。E代表太阳辐射强度。A代表红斑反应光谱，其单位如右侧纵轴所示。黑线显示了E与A的乘积，代表了皮肤对光线的吸收程度，以及太阳辐射对皮肤细胞造成损伤的能力。

结果

试验中SPF计算值与Sport Sunscreen包装上的标注值一致，说明Transpore胶带可以成功替代人类皮肤进行SPF测试。图3说明了Transpore胶带与猪皮非常相似，而猪皮与人类皮肤的性质非常相似。

表1 Sport® Sunscreen SPF 30的SPF计算值

	SPF UVA	SPF UVA + UVB
One Application	30.84	39.07
Two Applications	50.1	80.76

Sport Sunscreen含有5种不同的防晒剂，标注SPF值为30。该防晒霜中含有3%Avobenzene(阿伏苯宗，阻挡UVA)、10% Homosalate (水杨酸三甲环己酯，阻挡UVB)、5% Octisalate (辛水杨酯，阻挡UVB)、2% Octocrylene (氰双苯丙烯酸辛酯，阻挡UVB)和4% Oxybenzone (羟苯甲酮，阻挡UVA和UVB)。UVA与UVB遮光剂的混合物覆盖了400~290 nm区域。图5显示了防晒霜的遮光效果。

本实验中，在胶带上单次使用防晒霜时计算出的SPF为30.84 (只计算UVA区域，这也是FDA认可的方法)。两次使用防晒霜时，SPF值几乎加倍，因为胶带上的防晒霜含量增加了一倍。无论是单次使用还是两次使用，根据UVA+UVB计算的SPF值都有所增加，因为防晒霜阻挡了更多的电磁波谱，保护皮肤免受紫外线的伤害。

结论

本实验成功地使用医用胶带做为人类皮肤的替代物，使得不同防晒霜可以在胶带上进行测试，而不需要使用真正的人类皮肤。无论是用于科学研究还是质量控制，Lambda 1050紫外-可见-近红外光谱仪和150 mm积分球的结合为防晒霜活性成分SPF值的测试提供了优异的平台。



PerkinElmer, Inc.
珀金埃尔默仪器（上海）有限公司
地址：上海张江高科园区李冰路67弄4号
邮编：201203
电话：800 820 5046 或 021-38769510
传真：021-50791316
www.perkinelmer.com.cn