



事務連絡
平成25年5月30日

各都道府県衛生主管部（局）
薬務主管課 御中

厚生労働省医薬食品局審査管理課


皮膚感作性試験代替法（LLNA：DA、LLNA：BrdU-ELISA）を化粧品・医薬部外品の
安全性評価に活用するためのガイドンスについて

今般、皮膚感作性試験代替法（LLNA：DA、LLNA：BrdU-ELISA）について、その利用
促進を図るため、平成24年度レギュラトリーサイエンス総合研究事業（研究代表者
小島肇）において、それぞれ化粧品・医薬部外品の安全性評価に活用するためのガイ
ダンスを作成したので、貴管下関係業者に対して周知願います。

なお、その他の代替法に関するガイドンスについては、順次、作成する予定です。

（添付資料）

- ① 皮膚感作性試験代替法としてのLLNA：DAを化粧品・医薬部外品の安全性評
価に活用するためのガイドンス
- ② 皮膚感作性試験代替法としてのLLNA：BrdU-ELISAを化粧品・医薬部外品の
安全性評価に活用するためのガイドンス

収	受
平	25.5.31
薬第	号
	大阪府

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
256
257
258
259
260
261
262
263
264
265
266
267
268
269
270
271
272
273
274
275
276
277
278
279
280
281
282
283
284
285
286
287
288
289
290
291
292
293
294
295
296
297
298
299
300
301
302
303
304
305
306
307
308
309
310
311
312
313
314
315
316
317
318
319
320
321
322
323
324
325
326
327
328
329
330
331
332
333
334
335
336
337
338
339
340
341
342
343
344
345
346
347
348
349
350
351
352
353
354
355
356
357
358
359
360
361
362
363
364
365
366
367
368
369
370
371
372
373
374
375
376
377
378
379
380
381
382
383
384
385
386
387
388
389
390
391
392
393
394
395
396
397
398
399
400
401
402
403
404
405
406
407
408
409
410
411
412
413
414
415
416
417
418
419
420
421
422
423
424
425
426
427
428
429
430
431
432
433
434
435
436
437
438
439
440
441
442
443
444
445
446
447
448
449
450
451
452
453
454
455
456
457
458
459
460
461
462
463
464
465
466
467
468
469
470
471
472
473
474
475
476
477
478
479
480
481
482
483
484
485
486
487
488
489
490
491
492
493
494
495
496
497
498
499
500
501
502
503
504
505
506
507
508
509
510
511
512
513
514
515
516
517
518
519
520
521
522
523
524
525
526
527
528
529
530
531
532
533
534
535
536
537
538
539
540
541
542
543
544
545
546
547
548
549
550
551
552
553
554
555
556
557
558
559
560
561
562
563
564
565
566
567
568
569
570
571
572
573
574
575
576
577
578
579
580
581
582
583
584
585
586
587
588
589
590
591
592
593
594
595
596
597
598
599
600
601
602
603
604
605
606
607
608
609
610
611
612
613
614
615
616
617
618
619
620
621
622
623
624
625
626
627
628
629
630
631
632
633
634
635
636
637
638
639
640
641
642
643
644
645
646
647
648
649
650
651
652
653
654
655
656
657
658
659
660
661
662
663
664
665
666
667
668
669
670
671
672
673
674
675
676
677
678
679
680
681
682
683
684
685
686
687
688
689
690
691
692
693
694
695
696
697
698
699
700
701
702
703
704
705
706
707
708
709
710
711
712
713
714
715
716
717
718
719
720
721
722
723
724
725
726
727
728
729
730
731
732
733
734
735
736
737
738
739
740
741
742
743
744
745
746
747
748
749
750
751
752
753
754
755
756
757
758
759
760
761
762
763
764
765
766
767
768
769
770
771
772
773
774
775
776
777
778
779
780
781
782
783
784
785
786
787
788
789
790
791
792
793
794
795
796
797
798
799
800
801
802
803
804
805
806
807
808
809
810
811
812
813
814
815
816
817
818
819
820
821
822
823
824
825
826
827
828
829
830
831
832
833
834
835
836
837
838
839
840
841
842
843
844
845
846
847
848
849
850
851
852
853
854
855
856
857
858
859
860
861
862
863
864
865
866
867
868
869
870
871
872
873
874
875
876
877
878
879
880
881
882
883
884
885
886
887
888
889
890
891
892
893
894
895
896
897
898
899
900
901
902
903
904
905
906
907
908
909
910
911
912
913
914
915
916
917
918
919
920
921
922
923
924
925
926
927
928
929
930
931
932
933
934
935
936
937
938
939
940
941
942
943
944
945
946
947
948
949
950
951
952
953
954
955
956
957
958
959
960
961
962
963
964
965
966
967
968
969
970
971
972
973
974
975
976
977
978
979
980
981
982
983
984
985
986
987
988
989
990
991
992
993
994
995
996
997
998
999
1000

皮膚感作性試験代替法としてのLLNA : DAを 化粧品・医薬部外品の安全性評価に活用するためのガイダンス

医薬部外品の製造販売承認申請及び化粧品基準改正要請では、化学物質の感作性を評価するために、従来から、モルモットを用いた皮膚感作性試験が最も一般的に用いられてきている。OECDテストガイドラインに記載されている試験法としては、Maximization TestとBuehler Testがある¹⁾。これらの試験法は、感作成立後の惹起時における皮膚反応を判定することにより、化学物質の感作性を評価できる。

1986年にKimberらにより提案²⁾された局所リンパ節アッセイ (Local Lymph Node Assay : LLNA) は、感作誘導期における局所リンパ節中の細胞増殖反応を指標としたマウスを用いる皮膚感作性試験法である。LLNAは、これまでに、欧米の公的機関で評価され^{3,4)}、2002年にOECDテストガイドライン429 (OECD Guideline for Testing of Chemicals, 429 : Skin Sensitization: Local Lymph Node Assay) として採択され、2010年に改訂がなされている⁵⁾。

一方、LLNAの改良法として開発されたLLNA : DAは、放射性のヌクレオシドの代わりに、細胞中のアデノシン三リン酸 (ATP) を化学発光により定量するため、放射性物質を用いない方法であり、放射性物質による職業性被曝及び廃棄物処理問題に関する懸念が無い。本試験法は、国際的なピアレビューにより検証および検討が行われ^{6,7)}、2010年にOECDテストガイドライン442A (OECD Guideline for Testing of Chemicals, 442A : Skin Sensitization: Local Lymph Node Assay : DA) として採択された⁸⁾。本試験法はLLNAと同様に、長年広く使われてきたMaximization TestやBuehler Testに比べ、動物に与える苦痛の低減や評価に用いる動物数の低減という点で意義ある代替法の一つと考えられている。また、従来のモルモットを用いた試験法は、惹起時の皮膚反応を肉眼判定するが、LLNA : DAでは細胞増殖反応を細胞中のATP量を指標として測定するため、より客観的な試験となっている。

本ガイダンスは、OECDテストガイドライン442Aとして採択されているLLNA : DAについて、化粧品・医薬部外品の安全性評価への活用促進を図るため、その実施方法についてわかりやすく解説するとともに、必要な留意点等をガイダンスとしてとりまとめたものである。

1. 試験法の概要

1-1. 原理

感作性を有する低分子量の化学物質は、経皮に浸透し、そのまま又は生体のタンパク質と結合した後、皮膚中の樹状細胞に取り込まれるものと考えられている。その後、活性化した樹状細胞は皮膚から所属リンパ節へ遊走し、そこで抗原提示を介して抗原特異的な(感作性物質に特異的に反応する) T細胞の増殖を誘導し、次いで特異的なT細胞(感作T細胞)は全身に分布する。この一連の生体応答が感作と呼ばれている。LLNA : DAでは、感作誘導

期のリンパ節における抗原特異的なT細胞の増殖を、生細胞数と相関性があることが知られている細胞中のATP量をルシフェリンールシフェラーゼ法により測定して評価する⁹⁾。

1-2. 試験手順及び判定

1-2-1. 試験手順

本試験法では、LLNAと同等の検出感度を得るために、被験物質投与回数の変更及びラウリル硫酸ナトリウム (SLS) 適用の追加がなされている。詳細は、OECDテストガイドライン442Aを参照する (図1)。

本試験のバリデーションで用いられたのはCBA/J系統のマウスのみであったため、CBA/Jが優先的に選択すべき系統とされている^{10,11)}。8~12週齢のCBA/J系の雌マウスを使用し、個々の動物の体重が試験に供する全動物の平均体重値の±20%を超えないようにする。試験群としては、溶媒対照群 (陰性対照群) の他3群以上の被験物質用量群を設定し、通常、陽性対照群を加える。1群当り最低4匹を用いる。全ての投与群で、マウスの両耳の耳介に感作を増強させる目的で1%SLS水溶液を絵筆等を用いて4,5回塗布する。SLS処置1時間後に、被験物質を25 μ L塗布する。この操作を1,2,3,7日目に行う (4,5,6日目は無処置)。8日目に耳介リンパ節を摘出し、均一な細胞懸濁液を調製する。ATP測定キットを用いてルシフェリンールシフェラーゼ法により細胞懸濁液のATP含量を測定する。

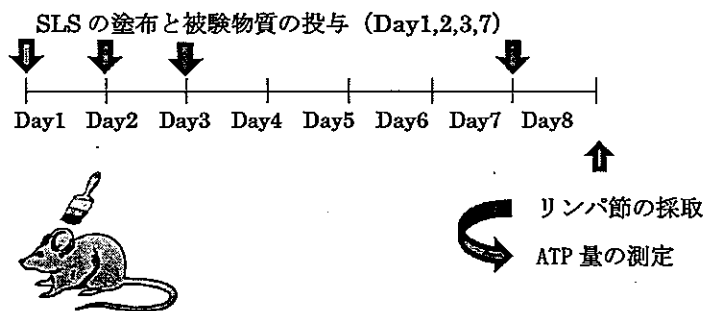


図1 LLNA : DAの概略

1-2-2. 判定

溶媒対照群に対する被験物質投与群のATP含量の比 (Stimulation index: SI) が1.8倍未満の場合は陰性、2.5倍以上の場合は陽性と判定する⁷⁾。1.8倍以上~2.5倍未満の場合は、付加的情報 (用量反応情報、全身毒性若しくは過剰な局所皮膚刺激、必要に応じて溶媒対照群との統計的な比較、ペプチド反応性、分子量、関連物質の結果) を考慮し、判定する^{7,12,13,14,15)}。

1-3. 試験実施上の留意点

1-3-1. 試験実施における各種条件及び注意事項

① 溶媒の選択

使用溶媒は被験物質の溶解性を考慮し、溶液又は懸濁液として最も高濃度で適用可能な溶媒を選択する。皮膚への適用性から acetone : olive oil (4 : 1, v/v ; AOO)、N,N-dimethylformamide (DMF)、methyl ethyl ketone、propylene glycol、dimethylsulfoxide 等が推奨される。また、エタノール溶液（例えば、70%エタノール）も使用可能である。水溶性の被験物質の場合、適切な溶媒（例えば、Pluronic® L92を1%含む溶液）を用い、皮膚を濡らし、直ちに流れ落ちないように注意すべきである。十分な科学的根拠があればその他の溶媒でも使用可能であるが、皮膚に対する付着性が悪い水溶液の使用は避ける。

② 塗布濃度設定の方法

被験物質の塗布濃度は、100%、50%、25%、10%、5%、2.5%、1%、0.5%等、OECD テストガイドライン442Aで既定された濃度系列から、連続した少なくとも3用量を用いる。最高塗布濃度には、全身毒性や強度の皮膚刺激性を生じない最も高い濃度を用いる。全身毒性や強度の皮膚刺激性を生じない濃度は、急性毒性、皮膚刺激性等の毒性情報や類似構造を含む物質や物理化学的特性情報等、利用可能な全ての情報を参照して決定する。これら既存情報から当該濃度を推察できない場合は、以下に示す予備スクリーニング試験を実施して設定する。

③ SLSの適用、被験物質投与回数について

本試験法では、1%SLS水溶液を被験物質投与の前処理に用いることで感作を増強し、また被験物質の投与回数を増やすことでLLNAと同等の検出感度を得ている。このため、SLS濃度、SLS前処理の実施、被験物質の投与を正確に行う^{16,17)}。

SLS水溶液を全体に均一に塗布するために、絵筆等を用いるが、SLS水溶液へ被験物質のコンタミネーションを避けるため、一投与群終了毎に筆の交換または十分な水洗を行う^{16,17)}。

④ ATP含量の測定について

ATP含量は、動物の死亡後から経時的に減少すると考えられるため、動物の個体ごとに安楽死からATP含量測定までの時間を約30分以内で一定に保つ。^{10,11,16,17,18)}

⑤ 判定基準について

本試験法の開発及び国内バリデーション試験時は、SI 値が2.5以上を陽性と判定していたが、国際的なピアレビューの結果^{6,7)}、それ以下でも偽陰性と判定される物質があったことから、SI値1.8がカットオフ値として採用された。これによりSI値1.8~2.5の場合には、偽陽性の結果を生じる可能性があるため、皮膚感作性の最終判定においては付加的情報（用量反応情報、全身毒性若しくは過剰な局所皮膚刺激、必要に応じて溶媒対照群との統計的な比較、ペプチド反応性、分子量、関連物質の結果）を考慮することとされている。^{7,12,13,14,15)}

⑥ その他

- ・ ある種の金属化合物では、感作性物質を識別できないことがある。

- ・ある種の皮膚刺激性物質（界面活性剤等）で偽陽性反応を生じることがある。
- ・ATPレベルに影響する物質（ATP阻害剤として作用する物質）やATPの正確な測定を妨害する物質（ATP分解酵素の存在、リンパ節における細胞外ATPの存在）に対して本法の使用は不適切な場合がある。

【予備スクリーニング試験】

1濃度につき1~2匹の動物を用い、本試験と同様に被験物質による塗布を行う。塗布濃度は、原則として被験物質の性状が液体である場合は100%、固形物、懸濁物の場合は調製可能な最高濃度とする。他の動物種（モルモット等）で得られた情報のうち、類似条件で行われた利用可能な情報がある場合は、その条件を参考にする。

全身毒性は、試験期間中の一般状態の変化とDay1（被験物質処置前）及びDay8（最終処置1日後）の体重変化率を指標として評価する。皮膚刺激性は、毎日塗布部位の皮膚所見の観察と、Day1（被験物質処置前）、Day3、Day7（最終処置日）、Day8（最終処置1日後）に、耳介の厚さを測定して評価する。すなわち、試験期間中（Day1~Day7）に神経機能の変化（立毛、運動失調、振戦、痙攣等）、行動変化、行動量変化、呼吸パターンの変化、傾眠、無反応症状、摂食量変化、ストレス症状等の一般状態の異常を認める場合、あるいはDay1からDay8の間で5%を超えた体重減少を生じる場合は、全身毒性があると判定する。また、どの測定日であっても中等度以上の紅斑を示す所見を認める場合や、耳介厚の増減率が+25%以上となる場合は、過度の刺激性があると判断する⁸⁾。

以上の結果を踏まえ、100%、50%、25%、10%、5%、2.5%、1%、0.5%等、OECDテストガイドライン442Aで既定された濃度系列の中から、原則として、全身毒性反応や過度の刺激性反応が認められなかった最高濃度を本試験の最高用量に設定する。

1-3-2. 試験成立条件について

試験が適正に実施されたことは、反応強度が明らかな陽性対照物質を用いて、SI値が3.0を超えることを確認する。試験毎に陽性対照群として25%ヘキシルシンナミックアルデヒドや25%オイゲノール等を投与する群を設定する^{10,11)}。ただし、LLNA:DAを定期的実施し、陽性対照物質の背景データより、試験結果の再現性や正確性を確認できる実験施設の場合には、陽性対照物質を試験に供するのは一定期間毎（例えば、6箇月毎）でもよい。

2. 本試験法の運用方法に関する留意点

本試験法は、動物を使用した試験法であるが、従来の動物を用いた試験法（Maximization Test等）と比較して、動物に与える苦痛の低減や評価に用いる動物数の低減を図ることができ、試験結果においても定量性があり、より客観的な試験となっている。また、LLNAと同程度の精度を有している。なお、以下の点を留意する必要がある。

① 製剤の試験には利用できない。

- ② 適正に実施されたLLNA : DAで陰性と判定された場合には、当該物質の皮膚感作性は陰性と、陽性と判定された場合には皮膚感作性は陽性と結論し、原則としてそれ以上の追加試験は必要とされない。
- ③ 適正に実施されたLLNA : DAで、陽性と判断された場合でも、既に十分に使用実績のあることが知られている類縁物質の皮膚感作性データとの比較あるいは従来のアジュバントを用いないモルモット皮膚感作性試験による追加データ等から総合的に、皮膚感作性の安全性を担保できることがある。
- ④ LLNA : DAの利用が適切でないと考えられる被験物質の場合、従来のモルモットを用いる皮膚感作性試験を実施する。

3. 引用文献

- 1) OECD, 1992, OECD test guideline 406; OECD GUIDELINE FOR THE TESTING OF CHEMICALS: Skin Sensitization:
<<http://iccvam.niehs.nih.gov/methods/immunotox/llnadocs/OECDtg406.pdf>>
- 2) Kimber I. et al., 1986, Development of a murine local lymph node assay for the determination of sensitizing potential. Food Chem Toxicol, 24, 585-586.
- 3) ICCVAM – Interagency Coordinating Committee on the Validation of Alternative Methods, 1999. The Murine Local Lymph Node Assay: a test method for assessing the allergic contact dermatitis potential of chemicals/compounds. The results of an independent peer review evaluation coordinated by the ICCVAM and the NICEATM. NIH publication No. 99-4494. National Institute of Environmental Health Sciences.
<http://iccvam.niehs.nih.gov/docs/immunotox_docs/llna/llnarep.pdf>
- 4) Balls M. and Hellsten E., 2000, Statement on the validity of the local lymph node assay for skin sensitization testing. ECVAM Joint Research Centre, European Commission, Ispra, Italy. ATLA 28, 366-367.
- 5) OECD, 2010, OECD test guideline 429; OECD GUIDELINE FOR THE TESTING OF CHEMICALS: Skin Sensitization: Local Lymph Node Assay,
<<http://iccvam.niehs.nih.gov/SuppDocs/FedDocs/OECD/OECD-TG429-2010.pdf>>
- 6) ICCVAM (2010), ICCVAM Test Method Evaluation Report. Nonradioactive local lymph node assay: modified by Daicel Chemical Industries, Ltd., based on ATP content test method protocol (LLNA: DA). NIH Publication No. 10-7551. Research Triangle Park, NC: National Institute of Environmental Health Sciences.
<http://iccvam.niehs.nih.gov/docs/immunotox_docs/LLNA-DA/TMER.pdf>
- 7) ICCVAM (2009), Independent Scientific Peer Review Panel Report: Updated validation status of new versions and applications of the murine local lymph node assay: a test method for assessing the allergic contact dermatitis potential of chemicals and products.

- Research Triangle Park, NC: National Institute of Environmental Health Sciences.
<http://iccvam.niehs.nih.gov/docs/immunotox_docs/LLNAPRPRept2009.pdf>
- 8) OECD, 2010, OECD test guideline 442A; OECD GUIDELINE FOR THE TESTING OF CHEMICALS: Skin Sensitization: Local Lymph Node Assay : DA,
<<http://iccvam.niehs.nih.gov/SuppDocs/FedDocs/OECD/OECD-TG442A.pdf>>
- 9) Crouch, S.P., Kozlowski, R., Slater, K.J. and Fletcher J. (1993), The use of ATP bioluminescence as a measure of cell proliferation and cytotoxicity. *J. Immunol. Meth.*, 160, 81-88.
- 10) Idehara, K., Yamagishi, G., Yamashita, K. and Ito, M. (2008), Characterization and evaluation of a modified local lymph node assay using ATP content as a non-radio isotopic endpoint. *J. Pharmacol. Toxicol. Meth.*, 58, 1-10.
- 11) Omori, T., Idehara, K., Kojima, H., Sozu, T., Arima, K., Goto, H., Hanada, T., Ikarashi, Y., Inoda, T., Kanazawa, Y., Kosaka, T., Maki, E., Morimoto, T., Shinoda, S., Shinoda, N., Takeyoshi, M., Tanaka, M., Uratani, M., Usami, M., Yamanaka, A., Yoneda, T., Yoshimura, I. and Yuasa, A. (2008), Interlaboratory validation of the modified murine local lymph node assay based on adenosine triphosphate measurement. *J. Pharmacol. Toxicol. Meth.*, 58, 11-26.
- 12) Chamberlain, M. and Basketter, D.A. (1996), The local lymph node assay: status of validation. *Food Chem, Toxicol.*, 34, 999-1002.
- 13) Basketter, D.A., Gerberick, G.F., Kimber, I. and Loveless, S.E. (1996), The local lymph node assay: A viable alternative to currently accepted skin sensitisation tests. *Food Chem, Toxicol.*, 34, 985-997.
- 14) Basketter, D.A., Gerberick, G.F. and Kimber, I. (1998), Strategies for identifying false positive responses in predictive sensitization tests. *Food Chem. Toxicol.*, 36, 327-333.
- 15) Kimber, I., Hilton, J., Dearman, R.J., Gerberick, G.F., Ryan, C.A., Basketter, D.A., Lea, L., House, R.V., Ladies, G.S., Loveless, S.E. and Hastings, K.L. (1998), Assessment of the skin sensitization potential of topical medicaments using the local lymph node assay: An interlaboratory exercise. *J. Toxicol. Environ. Health*, 53 563-79.
- 16) JaCVAM新規試験法・評価報告書、皮膚感作性試験代替法（LLNA：DA法）の評価報告書
<http://jacvam.jp/files/effort02/03_001_03.pdf>
- 17) JaCVAM 新規試験法・評価報告書、代替試験法申請書類 皮膚感作性試験：LLNA-DA 法
<http://jacvam.jp/files/effort02/03_001_08.pdf>
- 18) JaCVAM 新規試験法・評価報告書、LLNA-DA 法バリデーション研究報告書
<http://jacvam.jp/files/effort02/03_001_05.pdf>

皮膚感作性試験代替法としてのLLNA : BrdU-ELISAを 化粧品・医薬部外品の安全性評価に活用するためのガイダンス

医薬部外品の製造販売承認申請及び化粧品基準改正要請では、化学物質の感作性を評価するために、従来から、モルモットを用いた皮膚感作性試験が最も一般的に用いられてきている。OECDテストガイドラインに記載されている試験法としては、Maximization TestとBuehler Testがある¹⁾。これらの試験法は、感作成立後の惹起時における皮膚反応を判定することにより、化学物質の感作性を評価できる。

1986年にKimberらにより提案²⁾された局所リンパ節アッセイ (Local Lymph Node Assay : LLNA) は、感作誘導期における局所リンパ節中の細胞増殖反応を指標としたマウスを用いる皮膚感作性試験法である。LLNAは、これまでに、欧米の公的機関で評価され^{3,4)}、2002年にOECDテストガイドライン429 (OECD Guideline for Testing of Chemicals, 429 : Skin Sensitization: Local Lymph Node Assay) として採択され、2010年に改訂がなされている⁵⁾。

一方、LLNAの改良法として開発されたLLNA : BrdU-ELISAは、放射性のヌクレオシドの代わりに、Bromodeoxyuridine (BrdU) のDNAへの取り込み量を、酵素免疫測定法 (ELISA) により吸光度として測定するため、放射性物質を用いない方法であり、放射性物質による職業性被曝及び廃棄物処理問題に関する懸念がない。本試験法は、国際的なピアレビューにより検証および検討が行われ^{6,7)}、2010年にOECDテストガイドライン442B (OECD Guideline for Testing of Chemicals, 442B : Skin Sensitization : Local Lymph Node Assay : BrdU-ELISA) として採択された⁸⁾。本試験法はLLNAと同様に、長年広く使われてきたMaximization TestやBuehler Testに比べ、動物に与える苦痛の低減や評価に用いる動物数の低減という点で意義ある代替法の一つと考えられている。また、従来のモルモットを用いた試験法は、惹起時の皮膚反応を肉眼判定するが、LLNA : BrdU-ELISAでは細胞増殖反応をBrdUの取り込み量を指標として測定するため、より客観的な試験となっている。

本ガイダンスは、OECDテストガイドライン442Bとして採択されているLLNA : BrdU-ELISAについて、化粧品・医薬部外品の安全性評価への活用促進を図るため、その実施方法についてわかりやすく解説するとともに、必要な留意点等をガイダンスとしてとりまとめたものである。

1. 試験法の概要

1-1. 原理

感作性を有する低分子量の化学物質は、経皮に浸透し、そのまま又は生体のタンパク質と結合した後、皮膚中の樹状細胞に取り込まれるものと考えられている。その後、活性化した樹状細胞は皮膚から所属リンパ節へ遊走し、そこで抗原提示を介して抗原特異的な (感作性物質に特異的に反応する) T細胞の増殖を誘導し、次いで特異的なT細胞 (感作T細胞) は全

身に分布する。この一連の生体応答が感作と呼ばれている。LLNA : BrdU-ELISAでは、感作誘導期のリンパ節における抗原特異的なT細胞の増殖（DNA合成）を、BrdUのDNAへの取り込み量を指標として評価する。

1-2. 試験手順及び判定

1-2-1. 試験手順

詳細は、OECDテストガイドライン442Bを参照する（図1）。

バリデーションではCBA/JN系統のマウスが用いられていた^{6,9)}が、本系統の生産中止に伴いCBA/J系マウスにおいてその同等性が確認されている。従って本試験では、8～12週齢のCBA/J系の雌マウスを使用し、個々の動物の体重が試験に供する全動物の平均体重値の±20%を超えないようにする。試験群としては、溶媒対照群（陰性対照群）の他3群以上の被験物質用量群を設定し、通常、陽性対照群を加える。1群当り最低4匹を用いる。全ての投与群で、マウスの両耳の耳介に被験物質25 μ Lを3日間繰り返し塗布し、Day5（最終処置2日後）にBrdU（10mg/mL）を0.5mL（5mg/mouse）腹腔内投与する。Day6（BrdU投与後約24時間）に動物を安楽死させた後、耳介リンパ節を摘出し、均一な細胞懸濁液を調製する。BrdUはチミジンのアナログであり、同じように増殖細胞のDNAに取り込まれる。ペルオキシダーゼ標識されたBrdU特異的抗体を用い、細胞懸濁液のBrdUの取り込み量をELISAで測定する。

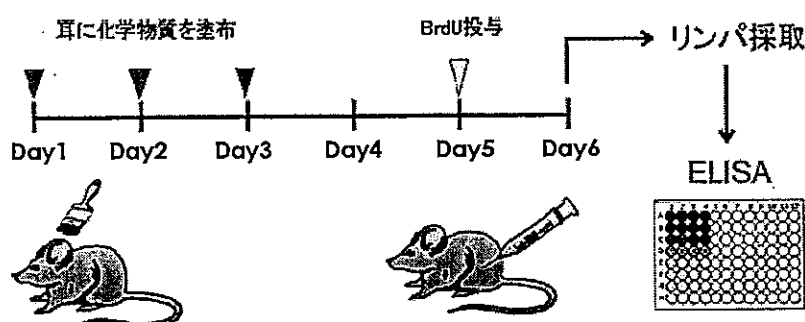


図1 LLNA : BrdU-ELISAの概略

1-2-2. 判定

溶媒対照群に対する被験物質投与群のBrdUの取り込み量の比（Stimulation index : SI）が1.6倍未満の場合は陰性、2.0倍以上の場合は陽性と判定する^{6,7)}。1.6倍以上～2.0倍未満の場合は、付加的な情報（用量反応情報、全身毒性若しくは過剰な局所皮膚刺激、必要に応じて溶媒対照群との統計的な比較、ペプチド反応性、分子量、関連物質の結果）を考慮し、判定する^{10,11,12,13)}。

1-3. 試験実施上の留意点

1-3-1. 試験実施における各種条件及び注意事項

① 溶媒の選択

使用溶媒は被験物質の溶解性を考慮し、溶液又は懸濁液として最も高濃度で適用可能な溶媒を選択する。皮膚への適用性から acetone : olive oil (4 : 1, v/v ; AOO) 、 N,N-dimethylformamide (DMF) 、 methyl ethyl ketone、 propylene glycol、 dimethylsulfoxide 等が推奨される。また、エタノール溶液（例えば、70%エタノール）も使用可能である。水溶性の被験物質の場合、適切な溶媒（例えば、Pluronic® L92を1%含む溶液）を用い、皮膚を濡らし、直ちに流れ落ちないように注意すべきである。十分な科学的根拠があればその他の溶媒でも使用可能であるが、皮膚に対する付着性が悪い水溶液の使用は避ける。

② 塗布濃度設定の方法

被験物質の塗布濃度は、100%、50%、25%、10%、5%、2.5%、1%、0.5%等、OECD テストガイドライン442Bで既定された濃度系列から、連続した少なくとも3用量を用いる。最高塗布濃度には、全身毒性や強度の皮膚刺激性を生じない最も高い濃度を用いる。全身毒性や強度の皮膚刺激性を生じない濃度は、急性毒性、皮膚刺激性等の毒性情報や類似構造を含む物質や物理化学的特性情報等、利用可能な全ての情報を参照して決定する。これら既存情報から当該濃度を推察できない場合は、以下に示す予備スクリーニング試験を実施して設定する。

【予備スクリーニング試験】

1濃度につき1~2匹の動物を用い、本試験と同様に被験物質による塗布を行う。ただし、BrdUの投与及びリンパ節摘出は行わない。塗布濃度は、原則として被験物質の性状が液体である場合は100%、固形物、懸濁物の場合は調製可能な最高濃度とする。他の動物種（モルモット等）で得られた情報のうち、類似条件で行われた利用可能な情報がある場合は、その条件を参考にする。

全身毒性は、試験期間中の一般状態の変化とDay1（被験物質処置前）及びDay6（最終処置3日後）の体重変化率を指標として評価する。皮膚刺激性は、塗布部位の皮膚所見の観察とDay1（被験物質処置前）、Day3、Day6に耳介の厚さを測定して評価する。すなわち、試験期間中（Day1~Day6）に神経機能の変化（立毛、運動失調、振戦、痙攣等）、行動変化、行動量変化、呼吸パターンの変化、傾眠、無反応症状、摂食量変化、ストレス症状等の一般状態の異常を認める場合、あるいはDay1からDay6の間で5%を超えた体重減少を生じる場合は、全身毒性があると判定する。また、どの判定日であっても中等度以上の紅斑を示す所見を認める場合や、耳介厚の増減率が+25%以上となる場合は、過度の刺激性があると判断する⁸⁾。

以上の結果を踏まえ、100%、50%、25%、10%、5%、2.5%、1%、0.5%等、OECDテ

ストガイドライン442Bで既定された濃度系列の中から、原則として、全身毒性反応や過度の刺激性反応が認められなかった最高濃度を本試験の最高用量に設定する。

③ 細胞懸濁液の調製について

試験間におけるバラつきを低減させるため、リンパ節採取の際に不要な組織片を取り除き、均一な分散状態の細胞懸濁液を調製する必要がある。また、事前に溶媒対照群のBrdU取り込み量の平均吸光度を0.1~0.2の範囲に入るよう細胞懸濁液の最終容量を決定する。細胞懸濁液の最終容量は15mL程度になることが多い。

④ BrdU取り込み量の測定について

BrdUは市販のELISAキットにて測定し、プレートの洗浄及び乾燥や二次抗体の反応時間、波長については各キットの推奨プロトコールに沿って実施する。一方で、ELISA測定時の室内温度、試薬の使用時の温度や発色時間などがバラつきの要因となることが考えられるため、可能な限り室内温度や発色時間を一定にして測定することが望ましい。

⑤ 陽性判定基準について

本試験法の開発および国内バリデーション試験時は、SI値2以上を陽性と判定していたが、国際的なピアレビューの結果⁶⁾、それ以下でも偽陰性と判断される物質があったことから、SI値1.6がカットオフ値として採用された。これによりSI値が1.6~1.9の場合には、偽陽性の結果を生じる可能性があるため、皮膚感作性の最終判定においては付加的な情報（用量反応情報、全身毒性若しくは過剰な局所皮膚刺激、必要に応じて溶媒対照群との統計的な比較、ペプチド反応性、分子量、関連物質の結果）を考慮することとされている^{10,11,12,13)}。

⑥ その他

- ・ ある種の金属化合物では、感作性物質を識別できないことがある。
- ・ ある種の皮膚刺激性物質（界面活性剤等）で偽陽性反応を生じることがある。

1-3-2. 試験成立条件について

試験が適正に実施されたことは、反応強度が明らかな陽性対照物質を用いて、SI値が2.0以上であることを確認する。試験毎に陽性対照群として25%ヘキシルシンナミックアルデヒド、25%オイゲノール等を投与する群を設定する¹⁴⁾。ただし、LLNA : BrdU-ELISAを定期的実施し、陽性対照物質の背景データより、試験結果の再現性や正確性を確認できる実験施設の場合には、陽性対照物質を試験に供するのは一定期間毎（例えば、6箇月毎）でもよい。

2. 本試験法の運用方法に関する留意点

本試験法は、動物を使用した試験法であるが、従来の動物を用いた試験法（Maximization Test等）と比較して、動物に与える苦痛の低減や評価に用いる動物数の低減を図ることができ、試験結果においても定量性があり、より客観的な試験となっている。また、LLNAと同程度の精度を有している。なお、以下の点を留意する必要がある。

- ① 製剤の試験には利用できない。
- ② 適正に実施されたLLNA：BrdU-ELISAで陰性と判定された場合には、当該物質の皮膚感作性は陰性と、陽性と判定された場合には皮膚感作性は陽性と結論し、原則としてそれ以上の追加試験は必要とされない。
- ③ 適正に実施されたLLNA：BrdU-ELISAで、陽性と判断された場合でも、既に十分に使用実績のあることが知られている類縁物質の皮膚感作性データとの比較あるいは従来のアジュバントを用いないモルモット皮膚感作性試験による追加データ等から総合的に、皮膚感作性の安全性を担保できることがある。
- ④ LLNA：BrdU-ELISAの利用が適切でないと考えられる被験物質の場合、従来のモルモットを用いる皮膚感作性試験を実施する。

3. 引用文献

- 1) OECD, 1992, OECD test guideline 406; OECD GUIDELINE FOR THE TESTING OF CHEMICALS: Skin Sensitization:
<<http://iccvam.niehs.nih.gov/methods/immunotox/llnadocs/OECDtg406.pdf>>
- 2) Kimber I. et al., 1986, Development of a murine local lymph node assay for the determination of sensitizing potential. Food Chem Toxicol, 24, 585-586.
- 3) ICCVAM – Interagency Coordinating Committee on the Validation of Alternative Methods, 1999. The Murine Local Lymph Node Assay: a test method for assessing the allergic contact dermatitis potential of chemicals/compounds. The results of an independent peer review evaluation coordinated by the ICCVAM and the NICEATM. NIH publication No. 99-4494. National Institute of Environmental Health Sciences.
<http://iccvam.niehs.nih.gov/docs/immunotox_docs/llna/llnarep.pdf>
- 4) Balls M. and Hellsten E., 2000, Statement on the validity of the local lymph node assay for skin sensitization testing. ECVAM Joint Research Centre, European Commission, Ispra, Italy. ATLA 28, 366-367.
- 5) OECD, 2010, OECD test guideline 429; OECD GUIDELINE FOR THE TESTING OF CHEMICALS: Skin Sensitization: Local Lymph Node Assay,
<<http://iccvam.niehs.nih.gov/SuppDocs/FedDocs/OECD/OECD-TG429-2010.pdf>>
- 6) ICCVAM (2010), ICCVAM Test Method Evaluation Report. Nonradioactive local lymph node assay: BrdU-ELISA Test Method Protocol (LLNA: BrdU-ELISA). NIH Publication

No. 10- 7552A/B. Research Triangle Park, NC: National Institute of Environmental Health Sciences. Available at:

<<http://iccvam.niehs.nih.gov/methods/immunotox/llna-ELISA/TMER.htm>>

- 7) ICCVAM (2009), Independent Scientific Peer Review Panel Report: Updated validation status of new versions and applications of the murine local lymph node assay: a test method for assessing the allergic contact dermatitis potential of chemicals and products. Research Triangle Park, NC: National Institute of Environmental Health Sciences. Available at:
<http://iccvam.niehs.nih.gov/docs/immunotox_docs/LLNAPRPrept2009.pdf>
- 8) OECD, 2010, OECD test guideline 442B; OECD GUIDELINE FOR THE TESTING OF CHEMICALS: Skin Sensitization: Local Lymph Node Assay: BrdU-ELISA,
<<http://iccvam.niehs.nih.gov/SuppDocs/FedDocs/OECD/OECD-TG442B.pdf>>
- 9) Takeyoshi, M., Iida, K., Shiraishi, K. and Hoshuyama, S. (2005), Novel approach for classifying chemicals according to skin sensitizing potency by non-radioisotopic modification of the local lymph node assay. *J. Appl. Toxicol.*, 25, 129-134.
- 10) Basketter, D.A., Gerberick, G.F., Kimber, I. and Loveless, S.E. (1996), The local lymph node assay: A viable alternative to currently accepted skin sensitization tests. *Food Chem. Toxicol.*, 34, 985-997.
- 11) ICCVAM (1999), The murine local lymph node Assay: A test method for assessing the allergic contact dermatitis potential of chemicals/compounds: The results of an independent peer review evaluation coordinated by the Interagency Coordinating Committee on the Validation of Alternative Methods (ICCVAM) and the National Toxicology Program Center for the Evaluation of Alternative Toxicological Methods (NICETAM). NIH Publication No: 99-4494. Research Triangle Park, N.C. Available at:
<http://iccvam.niehs.nih.gov/docs/immunotox_docs/llna/llnarep.pdf>
- 12) Kimber, I., Hilton, J., Dearman, R.J., Gerberick, G.F., Ryan, C.A., Basketter, D.A., Lea, L., House, R.V., Ladies, G.S., Loveless, S.E. and Hastings, K.L. (1998), Assessment of the skin sensitization potential of topical medicaments using the local lymph node assay: An interlaboratory exercise. *J. Toxicol. Environ. Health*, 53, 563-79.
- 13) Basketter, D.A., Gerberick, G.F. and Kimber, I. (1998), Strategies for identifying false positive responses in predictive sensitisation tests. *Food Chem. Toxicol.*, 36, 327-33.
- 14) Kojima, H. et al. (2010), Inter-laboratory validation of the modified murine local lymph node assay based on 5-bromo-2'-deoxyuridine incorporation. *J. Appl. Toxicol.*, 31, 63-74.