

## 编者按

泛素家族包括泛素及类泛素蛋白, 约 20 种成员蛋白. 近年来, 泛素家族领域取得了迅猛发展, 并已与生物学及医学研究的各个领域相互交叉. 泛素家族介导的蛋白质降解和细胞自噬机制的发现分别于 2004 和 2016 年获得诺贝尔奖. 但是, 类泛素蛋白并没有统一规范的中文译名. 2018 年 4 月 9 日在苏州召开的《泛素家族介导的蛋白质降解和细胞自噬》专著的编委会上, 部分作者讨论了类泛素蛋白的中文命名问题, 并在随后的“泛素家族、自噬与疾病”(Ubiquitin family, autophagy and diseases)苏州会议上提出了类泛素蛋白中文翻译草案, 此草案在参加该会议的国内学者及海外华人学者间取得了高度共识. 冷泉港亚洲“泛素家族、自噬与疾病”苏州会议是由美国冷泉港实验室主办、两年一度、面向全球的英文会议. 该会议在海内外华人学者中具有广泛影响, 因此, 参会华人学者的意见具有一定的代表性.

本文介绍了 10 个类别的类泛素蛋白的中文命名, 系统总结了它们的结构特点, 并比较了参与各种类泛素化修饰的酶和它们的生物学功能. 文章由 45 名从事该领域研究的专家合作撰写, 其中包括中国工程院院士 1 名, 国家“千人计划”学者 4 名, 长江学者 3 名, 国家杰出青年科学基金获得者 18 名和美国知名高校华人教授 4 名. 他们绝大多数是参加编写即将由科学出版社出版的专著《泛素家族介导的蛋白质降解和细胞自噬》的专家.

## 类泛素蛋白及其中文命名

魏文毅<sup>1\*</sup>, 孙毅<sup>2\*</sup>, 曹诚<sup>3</sup>, 常智杰<sup>4</sup>, 陈策实<sup>5</sup>, 陈隽<sup>6</sup>, 程金科<sup>7</sup>, 冯仁田<sup>8</sup>, 高大明<sup>9</sup>, 胡荣贵<sup>9</sup>, 贾立军<sup>10</sup>, 姜天霞<sup>11</sup>, 金建平<sup>12</sup>, 李汇华<sup>13</sup>, 李卫<sup>14</sup>, 刘翠华<sup>15</sup>, 刘莹<sup>3</sup>, 马蕾娜<sup>1</sup>, 缪时英<sup>16</sup>, 饶枫<sup>17</sup>, 商瑜<sup>11</sup>, 宋质银<sup>18</sup>, 万勇<sup>19</sup>, 王恒彬<sup>20</sup>, 王平<sup>21</sup>, 王占新<sup>11</sup>, 吴緬<sup>22</sup>, 吴乔<sup>23</sup>, 谢旗<sup>24</sup>, 谢松波<sup>25</sup>, 谢志平<sup>26</sup>, 徐平<sup>27</sup>, 许执恒<sup>28</sup>, 杨波<sup>29</sup>, 阳成伟<sup>30</sup>, 应美丹<sup>29</sup>, 张宏冰<sup>16</sup>, 张令强<sup>27</sup>, 赵永超<sup>31</sup>, 周军<sup>32</sup>, 朱军<sup>33</sup>, 王琳芳<sup>16</sup>, 张宏<sup>34</sup>, 王琛<sup>35</sup>, 邱小波<sup>11\*</sup>

1. Department of Pathology, Beth Israel Deaconess Medical Center, Harvard Medical School, Boston, MA 02115, USA;
2. 浙江大学医学院转化医学研究院, 杭州 310058;
3. 军事科学院军事医学研究院生物工程研究所, 北京 100071;
4. 清华大学膜生物学国家重点实验室, 北京 100084;
5. 中国科学院昆明动物研究所, 昆明 650223;
6. 中国科学院动物研究所, 膜生物学国家重点实验室, 北京 100101;
7. 上海交通大学医学院生物化学与分子细胞生物学系, 上海 200025;
8. 浙江海正药业有限公司, 台州 318099;
9. 中国科学院上海生物化学与细胞生物学研究所, 上海 200031;
10. 上海中医药大学中医肿瘤研究所和附属龙华医院, 上海 200032;
11. 北京师范大学生命科学学院, 细胞增殖与调控生物学教育部重点实验室, 北京 100875;
12. Department of Biochemistry and Molecular Biology, Medical School, The University of Texas Health Science Center at Houston, Houston, TX 77030, USA;
13. 大连医科大学附属第一医院心血管病研究所, 大连 116011;
14. 中国科学院动物研究所, 干细胞与生殖生物学国家重点实验室, 北京 100101;
15. 中国科学院微生物研究所病原微生物与免疫学重点实验室, 北京 100101;
16. 北京协和医学院基础医学研究所, 医学分子生物学国家重点实验室, 北京 100005;
17. 南方科技大学生物系, 深圳 518055;
18. 武汉大学生命科学学院, 武汉 430072;

19. Robert H. Lurie Comprehensive Cancer Center of Northwestern University, Feinberg School of Medicine, Northwestern University, Chicago, IL 60611, USA;
  20. Department of Biochemistry and Molecular Genetics, University of Alabama at Birmingham, Birmingham, AL 352942, USA;
  21. 同济大学生命科学与技术学院, 上海第十人民医院, 上海 200092;
  22. 中国科学技术大学生命科学学院, 中国科学院天然免疫与慢性疾病重点实验室, 中国科学院分子细胞科学卓越创新中心, 细胞信号网络创新中心, 合肥 230026;
  23. 厦门大学生命科学学院, 细胞应激生物学国家重点实验室, 厦门 361000;
  24. 中国科学院遗传与发育生物学研究所, 植物基因组学国家重点实验室, 国家植物基因研究中心, 北京 100101;
  25. 山东师范大学生命科学学院, 生物医学科学研究所, 山东省动物抗性生物学重点实验室, 济南 250014;
  26. 上海交通大学生命科学技术学院, 上海 200240;
  27. 军事科学院军事医学研究院生命组学研究所, 国家蛋白质科学中心, 北京蛋白质组学研究中心, 北京 102206;
  28. 中国科学院遗传与发育生物学研究所, 分子发育生物学国家重点实验室, 北京 100101;
  29. 浙江大学药学院, 杭州 310058;
  30. 华南师范大学生命科学学院, 广东省植物发育生物工程重点实验室, 广州 510631;
  31. 浙江大学医学院附属第一医院, 杭州 310003;
  32. 南开大学生命科学学院, 药物化学生物学国家重点实验室, 天津 300071;
  33. 上海交通大学医学院附属瑞金医院, 中法生命科学和基因组研究中心, 上海 200025;
  34. 中国科学院生物物理研究所, 生物膜国家重点实验室, 生物大分子卓越创新中心, 北京 100101;
  35. 中国药科大学生命科学学院, 南京 211198
- \* 联系人, E-mail: wwei2@bidmc.harvard.edu; yisun@zju.edu.cn; xqiu@bnu.edu.cn

泛素(ubiquitin, Ub)家族包括泛素及类泛素蛋白(ubiquitin-like protein, UBL), 约 20 种成员蛋白, 通过共价修饰其底物从而调节着几乎所有动植物的细胞活动<sup>[1]</sup>。泛素及类泛素修饰的异常将导致癌症或神经退行性疾病等多种人类重大疾病。因此, 对该通路的干预已成为治疗人类疾病中的一种创新性途径<sup>[2]</sup>。随着泛素及类泛素修饰领域的迅速发展, 越来越多的中国科研工作者开始使用该领域的专用词汇。但是困扰这一领域持续发展的一个问题是类泛素蛋白并没有统一规范的中文译名, 如 Nedd8, SUMO 和 Atg8/LC3 等。在我们撰写《泛素家族介导的蛋白质降解和细胞自噬》专著时, 这个问题显得尤为突出。因此, 我们在 2018 年 4 月 9 日于苏州召开的该专著的编委会时讨论了类泛素蛋白的中文命名问题, 并取得初步共识。随后, 我们在 2018 年 4 月 9 日晚开幕并持续 4 天的冷泉港亚洲“泛素家族、自噬与疾病”(Ubiquitin Family, Autophagy and Diseases)苏州会议上提出了类泛素蛋白中文翻译草案, 并且在参加该会议的国内学者及海外华人学者间取得了高度共识。冷泉港亚洲“泛素家族、自噬与疾病”苏州会议是由美国冷泉港实验室主办、两年一度、面向全球的英文会议。这次邀请了来自世界各地的 27 位知名学者进行大会报告, 其中因发现泛素介导的蛋白质降解而获得 2004 年诺贝尔奖、来自以色列理工学院的 Aaron Ciechanover 教授和在细胞凋亡和自噬领域取得卓越成就、来自哈佛医学院的袁钧瑛教授分别做了主旨报告。另外, 大会还从提交的会议摘要中挑选了 25 位学者做了简短报告。该会议在海内外华人学者中具有广泛影响, 因而与会华人学者的意见具有一定的代表性。

专业词汇翻译不仅关系到科研工作者对该学科的理解, 还可以直接促进该学科的发展。作为专业词汇, 中文译名不仅需要准确的表达原词的意思, 更需要通顺明白、简明优雅, 即严复先生提出的信、达、雅。这在“Ubiquitin”的中文译名“泛素”上得到了完美演绎: 其中的“泛”体现了“广泛性”, 而“素”则提示其为生物过程中“基本元素”。所以, 在我们的命名中, 每个类泛素蛋白的名称中都有“素”, “素”前面则根据其英文名的特点和中文丰富的同义词特色进行定义(表 1)。其中, 除了 9 个类别的 17 种真核生物类泛素蛋白外, 还包括一种原核生物类泛素蛋白 Pup (prokaryotic ubiquitin-like protein)<sup>[1-3]</sup>。另有两种哺乳动物类泛素蛋白(Ubi5 和 Urm1B), 因其功能尚未知<sup>[4]</sup>, 没有包括在本文中。

泛素是由 76 个氨基酸组成的高度保守的多肽链, 因其广泛分布于各类细胞而得名。泛素与其底物蛋白质的赖氨酸残基共价结合的过程称为泛素化(ubiquitination)。泛素化修饰影响蛋白命运的诸多方面: 它可以作为信号分子介导蛋白质通过蛋白酶体途径降解, 可以改变蛋白质的细胞定位并影响其活性, 也可以促进或抑制蛋白质之间的相互作用<sup>[5,6]</sup>。泛素化系统在细胞活动中发挥着广泛的生物学作用, 包括 DNA 转录和修复, 核糖体生成, 亚细胞器生成, 细胞表面受体调控, 离子通道和分泌途径, 细胞分裂、凋亡和分化, 应激反应, 病毒感染, 抗原加工, 免疫反应, 炎症以及神经网络的形态发生等<sup>[7]</sup>。泛素化是一个主要由泛素激活酶 E1 (ubiquitin-activating enzyme), 泛素耦联酶 E2(Ubiquitin-conjugating enzyme)和泛素连接酶 E3 (ubiquitin-protein ligase)等介导的多酶级联反应。在此过程中,

表1 类泛素蛋白分类及中文命名

Table 1 Classification and Chinese nomenclature of ubiquitin-like proteins

| 序号        | 中文命名 | 英文名及成员         | 酵母中别名 | 与泛素相同性(%) | 中文命名理由  |
|-----------|------|----------------|-------|-----------|---|
| 1         | 拟素   | Nedd8          | Rub1  | 60        | 意指其可比“拟”泛“素”，“NEDD”和“拟”具有英文谐音   |
| 2         | 相素   | SUMO1          | Smt3  | 14        | 意指其“相”似于泛“素”，“Sumo”是日文“相扑”的英文名，取其“相”字而用之。在哺乳动物中有4个成员                        |
|           |      | SUMO2          | -     | 13        |   |
|           |      | SUMO3          | -     | 13        |   |
|           |      | SUMO4          | -     | 12        |   |
| 3         | 仿素   | Fub1, 又名 MNSFβ | -     | 36        | 意即模“仿”泛“素”，“仿”的发音和 Fub1 中的英文字母“F”谐音   |
| 4         | 初素   | Atg12          | Atg12 | 12        | “ATG”是蛋白翻译的起始密码子，“初”即初始   |
| 5         | 始素   | MAP1LC3A       | Atg8  | 9         | “ATG”是蛋白翻译的起始密码子，“始”即起始。始素属 LC3 或 GABARAP 亚家族，在哺乳动物中至少有 6 个成员，是自噬通路中初素的下游因子 |
|           |      | MAP1LC3B       |       | 13        |   |
|           |      | MAP1LC3C       |       | 10        |   |
|           |      | GABARAP        |       | 8         |   |
|           |      | GABARAPL1      |       | 12        |   |
| GABARAPL2 | 14   |                |       |           |   |
| 6         | 犹素   | Ufm1           | -     | 23        | 意即“犹”如泛“素”，“犹”的发音和 UFM1 中的英文字母“U”谐音   |
| 7         | 模素   | Urm1           | Urm1  | 17        | 意即“模”拟泛“素”，“模”的发音和 URM1 中的英文字母“M”谐音   |
| 8         | 扰素   | ISG15          | -     | 28        | 一种在干扰素刺激下产生的分子，取其“扰”而命名   |
| 9         | 肥素   | FAT10          | -     | 27        | “肥”由英文“Fat”直译而成   |
| 10        | 原素   | Pup            | -     | -         | 意指“原”核生物类泛“素”蛋白   |

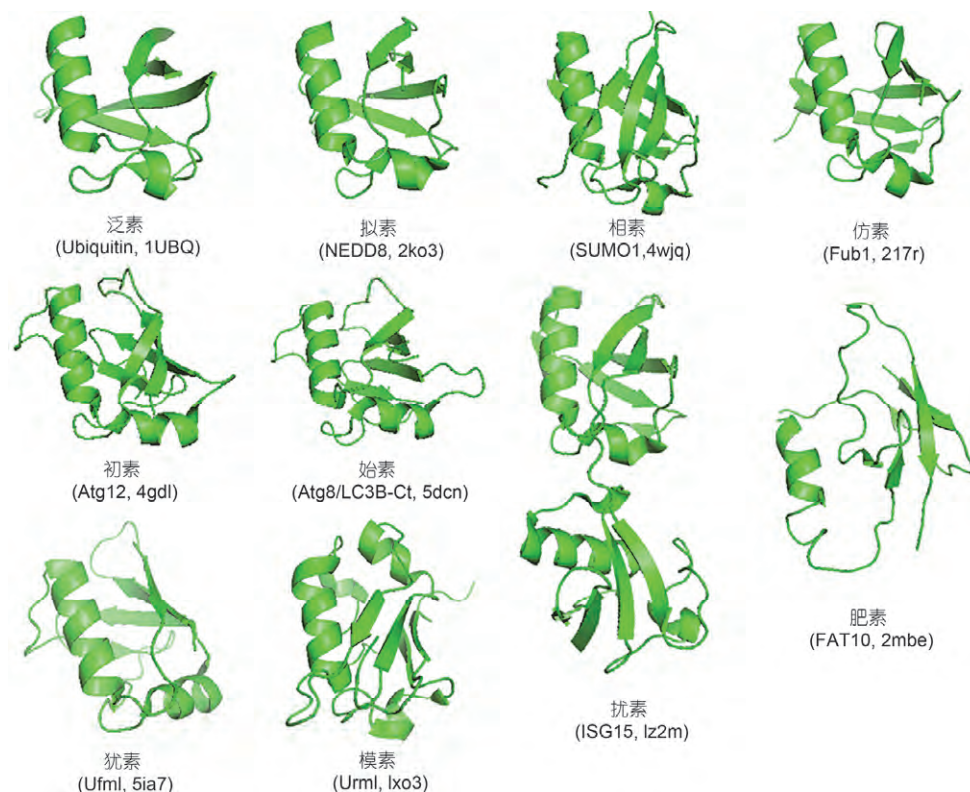


图1 类泛素蛋白与泛素三维核心结构的比较. 括号中为英文名及 NCBI 结构编码, 始素只显示了它的 C-末端区域. 扰素具有两个β-抓握折叠, 而原素没有β-抓握折叠, 故没有列出后者结构

Figure 1 Comparison of the three-dimensional structures between ubiquitin-like proteins and ubiquitin. Their English names and NCBI structure codes are included in parentheses. Among them, the C-terminal region of Atg8/LC3B is shown. ISG15 has two β-grasp folds, whereas Pup has no this fold. Thus, the structure of Pup has not been shown

E3起着极其重要的作用,它决定了底物泛素化的时间性和特异性<sup>[2]</sup>。

哺乳动物类泛素蛋白与泛素具有相类似的三维核心结构,即 $\beta$ -抓握折叠( $\beta$ -grasp fold)<sup>[1]</sup>。我们根据 NCBI 蛋白质结构库中的数据,对泛素及各种哺乳动物类泛素蛋白的结构进行了整理(图 1)。同时,各种类泛素系统都会使用相应的类似于泛素化修饰的酶来催化修饰反应<sup>[1]</sup>(表 2)。这些酶虽然各不相同,但在进化上都与泛素化酶具有相关性。虽然类泛素蛋白结构上相关联并都调控被修饰蛋白与其他生物大分子间的相互作用,但是它们调控的细胞过程却截

然不同,包括蛋白质降解、核转运、翻译、自噬和抗病毒通路等<sup>[4,8]</sup>(表 2)。与哺乳动物泛素相比,原核生物类泛素蛋白原素虽并不具有 $\beta$ -抓握折叠,但其修饰方式和功能与泛素类似<sup>[8]</sup>。泛素介导真核细胞内大多数蛋白质通过蛋白酶体进行选择性降解,该发现于 2004 年获得诺贝尔奖<sup>[9]</sup>。而在特定的生理或病理条件下,类泛素蛋白 Atg8/LC3 和 Atg12 介导的细胞自噬(Autophagy)则可通过溶酶体降解错误折叠蛋白、蛋白质聚集物和细胞器等细胞内物质。Yoshinori Ohsumi 教授因在自噬机制研究中的突出贡献被授予 2016 年诺贝尔生理学或医学奖<sup>[10]</sup>。

表 2 类泛素修饰酶、底物及功能

Table 2 Modification enzymes, substrates and functions of protein modifications by ubiquitin-like proteins

| 序号 | 中文名 | 英文名                 | E1         | E2           | E3          | 去类泛素酶        | 底物  | 功能或注释                            |
|----|-----|---------------------|------------|--------------|-------------|--------------|---|----------------------------------|
| 1  | 拟素  | Nedd8               | NAE1-Uba3  | Ubc12 Ube2F  | ~10 个       | NEDP1 等      | Cullins, 肿瘤抑制因子及致癌因子等                       | 通过激活 Cullin-RING 类 E3 调控泛素化及细胞周期 |
| 2  | 相素  | SUMO 1-4            | SAE1, SAE2 | Ubc9         | ~15 个       | SENP1-3,5-7  | 数百个   | 调控蛋白相互作用及定位等。SUMO4 修饰机制仍不清楚      |
| 3  | 仿素  | Fub1 或 MNSF $\beta$ |            |              |             |              | TCR $\alpha$ -like 蛋白, Bcl-G, Endophilin II | 可能参与免疫调控                         |
| 4  | 初素  | Atg12               | Atg7       | Atg10        | -           | -            | Atg5, Atg3                                  | 自噬及线粒体稳态                         |
| 5  | 始素  | Atg8 或 LC3          | Atg7       | Atg3         | Atg12/5/16L | Atg4A-D      | Phosphatidylethanolamine                    | 自噬体生成,提供自噬的选择性等                  |
| 6  | 犹素  | Ufm1                | Uba5       | Ufc1         | Ufl1        | UfSP1, UfSP2 | UFBP1, ASC1                                 | 血细胞发育等                           |
| 7  | 模素  | Urm1                | MOCS3      |              |             |              | MOCS3, TPBD3, UPF0432, CAS                  | tRNA 硫醇化和氧化诱导的蛋白质修饰              |
| 8  | 扰素  | ISG15               | Ube1L      | UbcH8, UbcH6 | Herc5       | UBP43        | 病毒及其宿主蛋白                                    | 干扰素诱导的抗病毒免疫                      |
| 9  | 肥素  | FAT10               | Uba6       | Use2         |             |              | Use2  | 非泛素依赖性蛋白降解,可能参与免疫调控              |
| 10 | 原素  | Pup                 |            |              | PafA        | Dop          | FabD, PanB 等 50 余种蛋白质                       | 蛋白质降解,抗免疫                        |

## 参考文献

- Hochstrasser M. Origin and function of ubiquitin-like proteins. *Nature*, 2009, 458: 422-429
- Glickman M H, Ciechanover A. The ubiquitin-proteasome proteolytic pathway: Destruction for the sake of construction. *Physiol Rev*, 2002, 82: 373-428
- Pearce M J, Mintseris J, Ferreyra J, et al. Ubiquitin-like protein involved in the proteasome pathway of *Mycobacterium tuberculosis*. *Science*, 2008, 322: 1104-1107
- van der Veen A G, Ploegh H L. Ubiquitin-like proteins. *Annu Rev Biochem*, 2012, 81: 323-357
- Mukhopadhyay D, Riezman H. Proteasome-independent functions of ubiquitin in endocytosis and signaling. *Science*, 2007, 315: 201-205
- Schnell J D, Hicke L. Non-traditional functions of ubiquitin and ubiquitin-binding proteins. *J Biol Chem*, 2003, 278: 35857-35860
- Ciechanover A, Iwai K. The ubiquitin system: from basic mechanisms to the patient bed. *IUBMB Life*, 2004, 56: 193-201
- Watrous J, Burns K, Liu W T, et al. Expansion of the mycobacterial "PUPylome". *Mol Biosyst*, 2010, 6: 376-385
- Goldberg A L. Nobel committee tags ubiquitin for distinction. *Neuron*, 2005, 45: 339-344
- Tooze S A, Dikic I. Autophagy captures the Nobel Prize. *Cell*, 2016, 167: 1433-1435



Summary for “类泛素蛋白及其中文命名”

## Ubiquitin-like proteins and their Chinese nomenclatures

Wenyi Wei<sup>1\*</sup>, Yi Sun<sup>2\*</sup>, Cheng Cao<sup>3</sup>, Zhijie Chang<sup>4</sup>, Ceshi Chen<sup>5</sup>, Quan Chen<sup>6</sup>, Jinke Cheng<sup>7</sup>, Rentian Feng<sup>8</sup>, Daming Gao<sup>9</sup>, Ronggui Hu<sup>9</sup>, Lijun Jia<sup>10</sup>, Tian-Xia Jiang<sup>11</sup>, Jianping Jin<sup>12</sup>, Hui-Hua Li<sup>13</sup>, Wei Li<sup>14</sup>, Cuihua Liu<sup>15</sup>, Xuan Liu<sup>3</sup>, Leina Ma<sup>1</sup>, Shiyong Miao<sup>16</sup>, Feng Rao<sup>17</sup>, Yu Shang<sup>11</sup>, Zhiyin Song<sup>18</sup>, Yong Wan<sup>19</sup>, Hengbing Wang<sup>20</sup>, Ping Wang<sup>21</sup>, Zhanxin Wang<sup>11</sup>, Mian Wu<sup>22</sup>, Qiao Wu<sup>23</sup>, Qi Xie<sup>24</sup>, Songbo Xie<sup>25</sup>, Zhiping Xie<sup>26</sup>, Ping Xu<sup>27</sup>, Zhi-Heng Xu<sup>28</sup>, Bo Yang<sup>29</sup>, Chengwei Yang<sup>30</sup>, Meidan Ying<sup>29</sup>, Hongbing Zhang<sup>16</sup>, Lingqiang Zhang<sup>27</sup>, Yongchao Zhao<sup>31</sup>, Jun Zhou<sup>32</sup>, Jun Zhu<sup>33</sup>, Linfang Wang<sup>16</sup>, Hong Zhang<sup>34</sup>, Chen Wang<sup>35</sup> & Xiao-Bo Qiu<sup>11\*</sup>

<sup>1</sup> Department of Pathology, Beth Israel Deaconess Medical Center, Harvard Medical School, Boston, MA 02115, USA;

<sup>2</sup> Institute of Translational Medicine, Zhejiang University School of Medicine, Hangzhou 310058, China;

<sup>3</sup> Beijing Institute of Biotechnology, Academy of Military Medical Sciences, Academy of Military Sciences, Beijing 100071, China;

<sup>4</sup> State Key Laboratory of Membrane Biology, Tsinghua University, Beijing 100084, China;

<sup>5</sup> Kunming Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, Kunming 650223, China;

<sup>6</sup> State Key Laboratory of Membrane Biology, Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China;

<sup>7</sup> Department of Biochemistry and Molecular Cell Biology, Shanghai Jiao Tong University School of Medicine, Shanghai 200025, China;

<sup>8</sup> Zhejiang Hisun Pharmaceutical Co., Ltd., Taizhou 318099, China;

<sup>9</sup> Shanghai Institute of Biochemistry and Cell Biology, Chinese Academy of Sciences, Shanghai 200031, China;

<sup>10</sup> Cancer Institute, Longhua Hospital, Shanghai University of Traditional Chinese Medicine, Shanghai 200032, China;

<sup>11</sup> Ministry of Education Key Laboratory of Cell Proliferation & Regulation Biology, College of Life Sciences, Beijing Normal University, Beijing 100875, China;

<sup>12</sup> Department of Biochemistry and Molecular Biology, Medical School, The University of Texas Health Science Center at Houston, Houston, TX 77030, USA;

<sup>13</sup> Institute of Cardiovascular Diseases, The First Affiliated Hospital of Dalian Medical University, Dalian 116011, China;

<sup>14</sup> State Key Laboratory of Stem Cell and Reproductive Biology, Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China;

<sup>15</sup> CAS Key Laboratory of Pathogenic Microbiology and Immunology, Institute of Microbiology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China;

<sup>16</sup> State Key Laboratory of Medical Molecular Biology, Institute of Basic Medical Sciences, Peking Union Medical College and Chinese Academy of Medical Sciences, Beijing 100005, China;

<sup>17</sup> Department of Biology, Southern University of Science and Technology, Shenzhen 518055, China;

<sup>18</sup> College of Life Sciences, Wuhan University, Wuhan 430072, China;

<sup>19</sup> Robert H. Lurie Comprehensive Cancer Center of Northwestern University, Feinberg School of Medicine, Northwestern University, Chicago, IL 60611, USA;

<sup>20</sup> Department of Biochemistry and Molecular Genetics, University of Alabama at Birmingham, Birmingham, AL 352942, USA;

<sup>21</sup> Shanghai Tenth People's Hospital of Tongji University, School of Life Science and Technology, Tongji University, Shanghai 200092, China;

<sup>22</sup> CAS Key Laboratory of Innate Immunity and Chronic Disease, CAS Center for Excellence in Molecular Cell Science, Innovation Center for Cell Signaling Network, School of Life Sciences, University of Science & Technology of China, Hefei 230026, China;

<sup>23</sup> State Key Laboratory of Cellular Stress Biology, Innovation Center for Cell Signaling Network, School of Life Sciences, Xiamen University, Xiamen 361000, China;

<sup>24</sup> State Key Laboratory of Plant Genomics, National Center for Plant Gene Research, Institute of Genetics and Developmental Biology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China;

<sup>25</sup> Institute of Biomedical Sciences, College of Life Sciences, Key Laboratory of Animal Resistance of Shandong Province, Shandong Normal University, Jinan 250014, China;

<sup>26</sup> School of Life Sciences and Biotechnology, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200240, China;

<sup>27</sup> State Key Laboratory of Proteomics, National Center for Protein Sciences Beijing, Beijing Proteome Research Center, Academy of Military Medical Sciences, Academy of Military Sciences, Beijing 102206, China;

<sup>28</sup> State Key Laboratory of Molecular Developmental Biology, Institute of Genetics and Developmental Biology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China;

<sup>29</sup> College of Pharmaceutical Sciences, Zhejiang University, Hangzhou 310058, China;

<sup>30</sup> Guangdong Key Lab of Biotechnology for Plant Development, College of Life Sciences, South China Normal University, Guangzhou 510631, China;

<sup>31</sup> The First Affiliated Hospital, Zhejiang University, Hangzhou 310003, China;

<sup>32</sup> State Key Laboratory of Medicinal Chemical Biology, College of Life Sciences, Nankai University, Tianjin 300071, China;

<sup>33</sup> Sino-French Research Center for Life Sciences and Genomics, State Key Laboratory of Medical Genomics, Rui-Jin Hospital, Shanghai Jiao Tong University School of Medicine, Shanghai 200025, China

<sup>34</sup> National Laboratory of Biomacromolecules, CAS Center for Excellence in Biomacromolecules, Institute of Biophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China;

<sup>35</sup> School of Life Sciences, China Pharmaceutical University, Nanjing 211198, China

\* Corresponding authors, E-mail: wwei2@bidmc.harvard.edu; yisun@zju.edu.cn; xqiu@bnu.edu.cn

Protein modifications by ubiquitin or ubiquitin-like proteins play critical roles in almost all cellular activities, such as protein degradation, autophagy, transcription, DNA repair and immune responses. With increasing population of Chinese scientists working on ubiquitin and ubiquitin-like proteins, it is quite inconvenient that there is no Chinese translation for ubiquitin-like proteins, such as Nedd8, SUMO and Atg8/LC3. Few of us discussed this pressing issue, and brought it to the editorial board meeting in Suzhou on April 9, 2018 during the group revision of a comprehensive and specialized book in Chinese, entitled “Ubiquitin family-mediated proteolysis and autophagy”. It was unanimously agreed that an official Chinese translation is much needed among the board members and attendees of the Cold Spring Harbor Asia meeting in Ubiquitin Family, Autophagy and Diseases (held on April 9-13, 2018 in Suzhou). Inspired by the perfect translation of ubiquitin with “泛素” (“Fan Su” in Chinese pronunciation) in Chinese meaning ubiquitous element, the following Chinese nomenclatures have been proposed for 10 types of ubiquitin-like proteins (related to 18 ubiquitin-like proteins): Nedd8-拟素 (“Ni Su”, mimicking English pronunciation with a meaning of similarity in Chinese), SUMO-相素 (“Xiang Su”, analogue to Japanese Sumo game with a meaning of similarity in Chinese), Fub1-仿素 (“Fang Su”, with a meaning of imitating in Chinese and the pronunciation starts with F), Atg12-初素 (“Chu Su”, analogue to ATG as an initiation code for protein translation with a meaning of initializing in Chinese), Atg8-始素 (“Shi Su”, analogue to ATG as an initiation code for protein translation with a meaning of starting in Chinese), Ufm1-犹素 (“You Su”, with a meaning of similarity in Chinese and the pronunciation similar to U), Urm1-模素 (“Mo Su”, with a meaning of mimicking in Chinese and the pronunciation starts with M), ISG15-扰素 (“Rao Su”, interference in Chinese), FAT10-肥素 (“Fei Su”, translation of “fat” to Chinese), and Pup-原素 (“Yuan Su”, for Prokaryotic Ubiquitin-Like Protein starting with the first character of prokaryotic in Chinese).

Ubiquitin is a highly conserved polypeptide with 76 amino acids, and covalently binds to an amino group of its substrate proteins in a process called ubiquitination. In addition, there are 10 types of ubiquitin-like proteins (UBL) in the ubiquitin family. Except the prokaryotic ubiquitin-like protein (Pup), all mammalian ubiquitin-like proteins share a similar structure, namely  $\beta$ -grasp fold, and employ similar enzymes to catalyze protein modifications. This paper summarizes the structures of all ubiquitin-like proteins and the enzymes involved in the protein modifications by them, and compares their cellular functions.

#### **ubiquitin, ubiquitin-like proteins, ubiquitination, Chinese nomenclature**

doi: 10.1360/N972018-00661