

光能使者——耀光灭“疾”

钱嘉梁, 罗崇悦, 陈建成*

南京大学化学化工学院, 南京 210023

摘要: 人类王国与疾病王国的大战亘古已有, 随着人类的科技进步, 很多新的化学与医学手段应用于疾病治疗, 虽然成果斐然, 但还是有部分疾病人类无能为力。面对此情此景, 光之国国王决定派遣紫外战士、蓝光战士以及红光战士前来援援。紫外战士大破新冠, 蓝光战士智斗黄疸, 红光战士刺杀癌症, 一场人类王国联合光之国共同对抗疾病王国的战争就此打响。

关键词: 新冠病毒; UVC; 黄疸; 胆红素; 蓝光; 癌症; PDT

中图分类号: G64; O6

Light Emissary: Curing Diseases Using Shining Lights

Jialiang Qian, Chongyue Luo, Kin Shing Chan *

School of Chemistry and Chemical Engineering, Nanjing University, Nanjing 210023, China.

Abstract: The war between the human and the disease kingdom has existed since ancient times. With the progress of human science and technology, numerous new chemical and medical methods have been applied to disease treatment. Although the results are remarkable, there are still some diseases that human beings cannot address. In dealing with this situation, the king of the light kingdom decided to send ultraviolet, blue, and red light soldiers to help. The ultraviolet light soldier tackled the SARS-CoV-2, the blue light soldier fought jaundice, and the red light soldier assassinated cancer. Then, the human kingdom joined the light kingdom and started a war against the disease kingdom.

Key Words: SARS-CoV-2; UVC; Jaundice; Bilirubin; Blue light; Cancer; PDT

人类文明史也是人类王国与疾病王国的斗争史, 重大传染性疾病是人类的公敌, 疾病王国依仗自己军队数量多、兵种繁多、破坏性大的特点, 在人类王国四处屠戮。

一开始人类面对疾病王国的屠戮毫无招架之力。但人类凭借其引以为豪的创造能力, 伴随文明与科技的发展, 终于逐步创造出了针对疾病的化学和医学武器。被压抑了几十万余年的人类王国高歌猛进, 疾病王国被打得措手不及, 天花大将甚至被斩于马下, 疾病王国可谓损失惨重。

疾病国国王得知此事后勃然大怒, 即刻派遣新冠病毒、黄疸和癌症三员大将火速出击。正当人类想用老办法击溃他们时却发现自己的武器竟收效甚微, 刚收缴的城池立马丢了大半。拼死抵抗的人类最终还是发现无计可施, 不得向遥远的光之国发出了求救信。

光之国国王收到求救信后决定助人类一臂之力, 他思索再三, 选择了紫外战士、蓝光战士以及红光战士三位光能使者“光速”飞往地球。自此, 这场战争中光与疾病的第二战场也正式拉开了序幕。

收稿: 2022-02-12; 录用: 2022-04-12; 网络发表: 2022-06-02

*通讯作者, Email: kschan@nju.edu.cn

基金资助: 南京大学百位名师邀约项目; 南京大学国际化课程建设项目; 南京大学短期国外专家项目

1 新冠病毒铜墙铁壁 紫外战士内部破敌

首先到来的光能使者是紫外战士，其刚一降落就发现数以亿万计的新冠病毒在各地肆虐，惨不忍睹，无数城池眼见就要失守。

此时人类守军见紫外战士到来，忙不迭地上前通报：“紫外战士你可算来了，我们快顶不住了。”

紫外问道：“为何战况如此严峻？难道你们没有使用疫苗武器吗？”

人类守军无奈回复：“怎么会没用呢，一开始的确成效显著，可奈何新冠七十二变的招式，奇艺诡谲，他们变异军种的产生远远快于我们特异性疫苗武器制造的速度，我们守军虽拼死抵抗，但疫苗武器的效力正在不断减弱，我们快顶不住了。”

紫外听闻，说道：“原来如此，这样，你们先继续加速疫苗武器的升级，新冠病毒的进攻就让我先去为你们抵挡。”说罢，急先锋紫外战士便直接飞身冲入病毒群中，刚才的人类守军还来不及叫其小心，紫外战士就没了踪影。

“呔！大胆新冠病毒，你的对手是我！”紫外战士对新冠病毒大喊道。

新冠病毒被这一突如其来的新面孔吸引了注意：“哟？你是哪根葱？”

“少废话！拿命来吧！”紫外战士摆出架势，眼看刹那之间就要出手。

新冠病毒不屑地笑道：“哈哈哈哈哈！我是你随随便便能挑战的吗？在你出手前我就告诉你吧，我只一招‘铜墙铁壁’就让你铩羽而归。我的核酸心脏有一层厚厚的核衣壳蛋白包裹着，不仅如此，在核衣壳之外我还有一层脂膜保护层，脂膜上甚至还有各种各样的膜蛋白环绕^[1]。层层保护宛若铜墙铁壁，只要我的核酸心脏不被破坏，任你千方百计，我依旧可以继续繁殖出千军万马！”

紫外战士说道：“看来你这是拥有最强之盾啊。但你也不过是躲在厚重盔甲背后的懦夫罢了，表面上强大而勇敢，实质上对我来说不堪一击。我紫外拥有光之国最短的波长，被称为最强之矛，就让我这最强之矛会会你的最强之盾吧！看是你衣壳蛋白坚固，还是我的高能光子锐利！”紫外战士随即杀将出去，一阵光波以光速射向新冠病毒。

“来吧！看你能奈我何！”新冠病毒举起自己的盾牌。眼见光束照射其上，盾牌毫发无损，新冠很是不屑：“你就这点能耐？这点力道连给我的盾牌挠痒痒都不够啊！哈哈哈哈哈……啊……怎么……怎么回事……我的身体……”新冠病毒正笑着，却发现自己的力量越来越小，身体内部一阵钻心的疼，“我的心脏，我的核酸心脏……紫外！你使的什么诡计！”

紫外战士明白自己的攻击奏效了，“愚蠢的新冠，你不懂了吧，我根本无需理会你的防御！对我来说，要想攻击到你的核酸简直如同探囊取物，而且你的核酸心脏对我发出的200–275 nm的UVC紫外线毫无招架之力，你核酸心脏的碱基对会吸收我的光子，具有高光子能的UVC辐射可以在你核酸链的嘧啶残基之间形成环丁烷嘧啶二聚体(CPDs) (图1)，它的形成会让你的核酸再也无法发生复制^[2]，你的生命也就此结束了！”

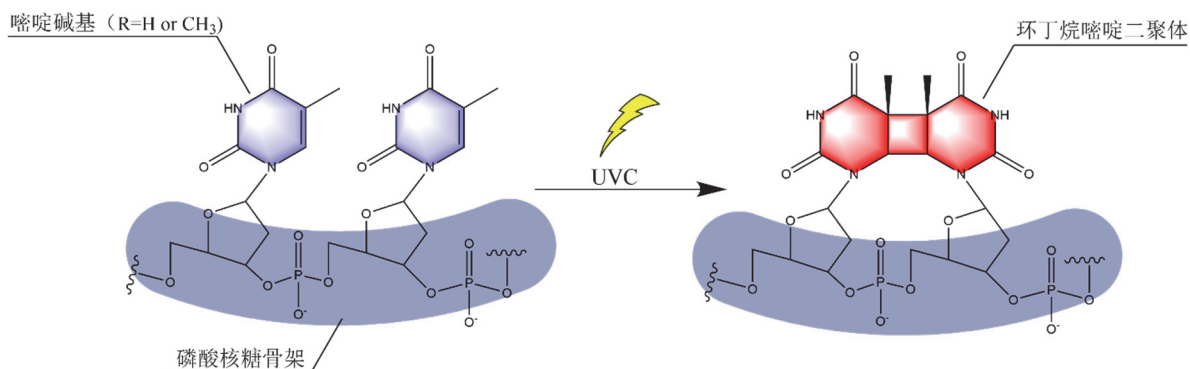


图1 相邻嘧啶碱基在UVC照射下形成环丁烷嘧啶二聚体(CPDs)

新冠病毒应声倒下，正当紫外战士准备结果其性命，新冠病毒却突然冷笑道：“哼，看来被你发现了我的弱点，可是你知道吗？你这是杀敌一千自损八百的招数。你从光之国过来力量大减，需要依靠人类的高压汞蒸气放电灯召唤器才能维持你的力量。高压汞灯放出的254 nm波长光除了能伤害我以外，对人类的杀伤也不比我小！人类细胞的核酸分子受到你的紫外光影响，长时间的照射容易导致皮肤癌与白内障的产生^[3]。我亿万之师最擅长的就是人海战术，拥挤的闹市是我的天堂。要将我赶尽杀绝你势必要对人类进行大范围的频繁照射，我新冠病毒可能杀死不了人类，可人类还是无法避免死于皮肤癌将军之手！哈哈哈哈！你就尽情地照射吧！紫外！”

紫外战士说道：“看来你了解得很透彻嘛，可惜我早就想到了这点，所以我让人类帮我新研制了携有带通滤波器的Kr-Cl准分子灯，现在我发出的光是精准的222 nm波长光。222 nm波长光不同于254 nm光，虽然其仍然会对人类的核酸造成损伤，但是由于其无法穿透人类体表的角质层，因此也就无法到达角质层底下的基底细胞与黑色素细胞，自然不会导致损伤与癌变^[4]。而同样，由于人的晶状体位于角膜远端，远紫外的穿透率几乎为0^[5]，所以人类并不会被我所伤，你的算盘落空了！新冠。”

新冠病毒终于明白，自己是彻底失败了，伴随一声惨叫，他终于绝望地咽下最后一口气。

2 胆红素欺凌婴孩 蓝色光智斗黄疸

COVID-19号监听员向疾病国王报告：“人类军队在紫外战士的协助下扭转了局面，我们的形势不容乐观啊。眼看新冠病毒的首战失利，疾病国王的灭绝计划受阻。恼羞成怒的他随即准备做出更为可怕的打算，他们要从人类的婴孩下手，让人类消亡于起始。”

蓝光战士在疾病肆虐的人类王国飞过，进入婴儿城时他发现情况不妙。

“怎么回事？”蓝光战士停下脚步，发现城中大量的婴孩脸色蜡黄，啼哭不止。蓝光战士很是震惊，使出火眼金睛，定睛发现竟是那名为黄疸的幽灵附身在了婴儿体内。

“卑鄙无耻的黄疸，你竟然对刚出生的孩子下手！就算是在疾病王国里，像你这样毫无底线的也很难找出第二个了！”蓝光战士愤怒地说道。

“呵，那又如何，害一个成年人是害，害一个婴儿也是害，怎么是我卑鄙呢？我黄疸又叫高胆红素血症，造成我的胆红素具有极强的脂溶性，若人类体内的胆红素排出不及，他就会穿透脂膜，进入组织，甚至可以穿透血脑屏障^[6]。一旦进入这个孩子的大脑，那这神经损伤可就永远无法恢复了！”黄疸说道。

蓝光战士有些不解：“可人类体应该有处理胆红素的装置呀，你为什么还能存在？”

黄疸回应道：“不错，人类是可以通过肝脏中的一系列酶将胆红素转变成极性大的葡萄糖醛酸胆红素排出体外^[7]。可这些酶要在新生儿出生3-5天后才会完全有效^[8]，这一阶段，对我来说就是人类最脆弱的时候，虽然只有3-5天，但也足够我毁了这个孩子。我就是这孩子刚出生时挥之不去的幽灵。所以蓝光，收手吧，你是无法打败我的。”

蓝光战士听闻，说道：“原来如此，那就让我代替这孩子的酶，将胆红素转化成极性大的物质消灭你吧！”说罢便借来人类研发的LED蓝光光源：“这盏LED灯可以发出400-500 nm波段的蓝光，让我在此波段的力量大大增强，这也正好对应你的吸收波段^[9]，接受审判吧！”

一阵强烈的蓝光照射，皮下微循环中的胆红素受到光的作用开始痛苦地叫喊、求饶，为了减轻痛苦，他们的身体发生了扭曲、变形。原本极性小的(4Z,15Z)型胆红素迅速发生构型异构化，大量转变成极性稍大的(4Z,15E)构型^[10] (图2)，反应极快。同时转化完的胆红素又通过血液循环系统转移，新的胆红素又被送入皮下，一场全身范围的胆红素异构化在蓝光的照射下正激烈地进行着。

黄疸看着胆红素痛苦地尖叫，发生异构，但他却丝毫不惧：“可笑！你以为人类为何要大费周章地用水溶性强、极性大的葡萄糖与我的胆红素结合而不直接更轻松、更经济地让我转变为(4Z,15E)构型排出？你真地以为这样微小的改变对我有实质性的伤害吗？确实，构型异构化后我的胆红素确



图2 (4Z,15Z)构型胆红素通过光构型异构化转变为(4Z,15E)构型胆红素

实相对更容易排出，可他们还有足够的能力穿透小肠上皮细胞回归肝肠循环^[11]，等他们排出可是个漫长的过程哦。你真的有足够的时间等到这孩子体内的胆红素降至他可以承受的安全水平吗？哈哈，到那时他早就完蛋了！同时你造成的构型异构化并非一劳永逸，难道你不知道这是一个可逆反应吗？随着胆红素的肝肠循环不断进行，他们最终还是会转变成更稳定的(4Z,15Z)构型^[8]，你这是白费力气！”

面对黄疸的嘲讽，蓝光战士没有回应，继续使用着LED蓝光光源奋力照射着。“哼，竟敢无视我。”黄疸见蓝光战士并不理会自己，有些恼怒：“你就在那傻站着吧，看我这进入这孩子的大脑，造成胆红素脑病，看你还能否无动于衷。”

黄疸说着便准备派遣胆红素进入婴儿的大脑，可是就在这时，黄疸却发现自己竟无法进入脑内了，自己的力量突然之间飞速地减弱。

“不应该啊，你的攻击应该对我无效才对啊。”黄疸说道。

此时蓝光战士终于开口：“你们疾病都是一个毛病，整天和人类的化学试剂和医学手段打交道让你们产生了思维定式，而我们光能使者最擅长的就是出其不意！确实，我一开始让你的胆红素大量地通过快速的构型异构化转变为(4Z,15E)型胆红素，而我也知道他们并不足以消灭你，但那其实是我的障眼法，我真正的目的是为了降低你的警惕，让反应较慢的结构异构化发生^[10] (图3)。这才是我真正的杀手锏！”

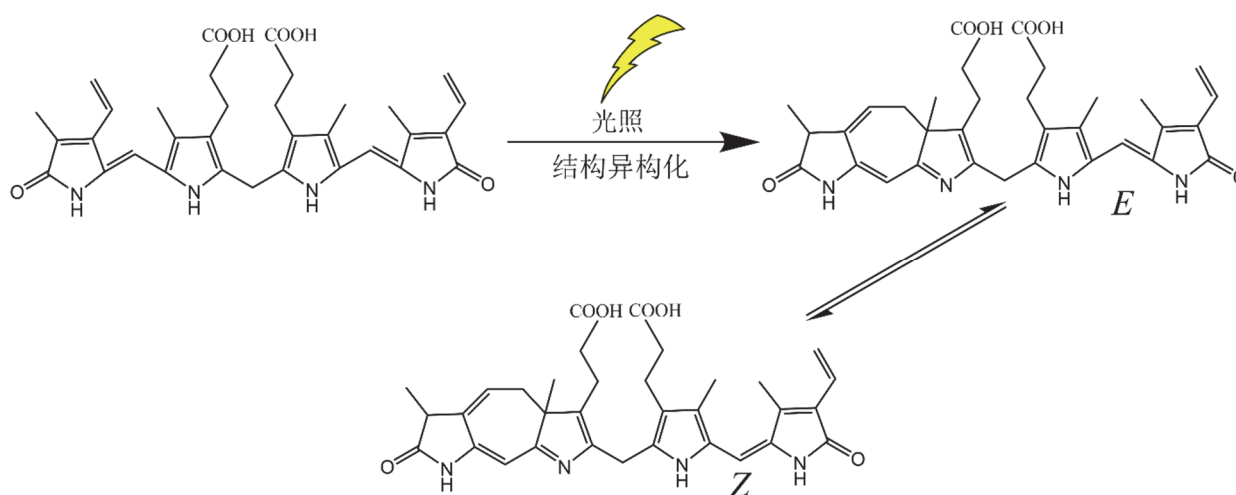


图3 胆红素在光照下发生的结构异构化

“什么！怎么会这样！可是我根本察觉不到啊。”黄疸此时的眼神充满了恐惧。

蓝光战士紧接着补充道：“不然怎么叫障眼法呢。结构异构化产生的环胆红素含量很低，但极性远强于构型异构化产生的(4Z,15E)型胆红素，而且反应几乎不可逆^[8]，一旦形成，几乎可以迅速排

出，让你毫无察觉。”

婴儿的皮肤开始逐渐从可怕的蜡黄转变为自然安心的红润。随着胆红素的不断排出，黄疸也在虚弱中慢慢地消失了。婴儿的啼哭逐渐停止，安心地睡去了。

蓝光战士擦了擦汗，高强度的照射消耗了他太多的体力，但看着孩子进入了甜美的梦乡，这一切还是值得的。他看向婴儿城的远方，又一次踏上了征程。

3 癌细胞狡兔三窟四处藏匿 红忍者赤幽灵取敌将首级

战至此时，光能使者两战大捷，疾病国王终于无法再对其坐视不管，随即密电至正在前线厮杀的癌症将军。

癌症将军此时正于人体皮肤表面肆虐，收到密电，得知新冠和黄疸均被打败的癌症大将不屑地嘲讽道：“哼，两个没用的东西。虽说本来就没指望他们能有多大能耐，但看来光能使者确实也不是省油的灯。”

“那我们该怎么办呀大王！”手下们焦急地问道。而此时癌症将军却没有丝毫畏惧，淡定地说：“怕什么，新冠和黄疸这两个好大喜功的庸臣，作战不得要领、不懂收敛，丝毫不懂潜伏作战。而我们癌症最擅长的就是潜伏。只要我们藏得够深，光能使者就找不到我们，即使找到了，要想将我们全部杀死的话，那所需要的能量估计能让这人类宿主在我们之前就先一步归西了，哈哈！来人，所有部队转移至肺部！搭建战时地堡！”

接下来的几天，癌症大将始终呆在肺部安全屋内，时刻提防光能使者的到来。然而好几天过去，安全屋外却始终风平浪静。“光能使者真没发现我？也许是时候让小的们出去进行小范围劫掠了……”正当癌症这么想着时，突然一只飞镖竟从其身后飞来！

“啊！”毫无察觉的癌症被突如其来的飞镖命中。“谁？”癌症叫道，“该死的刺客！”癌症边说边想着将飞镖拔出，却发现这支飞镖虽然扎入不深，却怎么也拔不下来。此时只听“砰”的一声！一团白烟炸开，一个忍者般的身影从中缓缓走出，浑身隐隐散发着血色的红光，“癌症，准备好奉上你的项上人头了吗？”

“该死，果然是光能使者，你是怎么进到这里来的！”癌症叫嚣着。红光战士面对此番疑问却表现得十分不屑，“呵呵，没想到你竟然真地以为躲在这里就高枕无忧了，要知道我红光具有超强的绕射能力，可以穿透皮肤和组织。相比蓝光、紫光，更长的波长也使我在大部分生物分子的吸收波长之外，具有强穿透力的同时还能最大程度避免人体组织的损伤^[14]。想要悄无声息从万军丛中进入你这肺部安全屋取汝之首级，对我这人称赤色幽灵的光之国最强忍者来说再合适不过了。”

“哼，原来如此！”听闻此言，癌症非但没有畏惧，反而冷笑起来，“没想到光之国竟派出这么个毫无杀伤力的红光战士来杀我，你们光之国是拿不出像样的人了吗？就算你找到了我，凭你这丁点能量，你就是对我照射上一百年我也照样生龙活虎！”

红光战士一言不发，抬手就是一阵红光射线向癌症射去。癌症见状顶着红光射线就向红光战士走去，不仅没有受到丝毫伤害，还步步向红光逼近。“哼，羸弱红光不自量力，竟想蚍蜉撼树，纳命来吧！”癌症说着便准备掐住红光的喉咙对他造成致命一击。

然而此时，一开始射中癌症的飞镖竟突然剧烈震动起来，无数活性氧从中迸发，深深扎入癌症体内。一瞬间，核酸被氧化，蛋白质被破坏，癌细胞仿佛正面迎上了一记重拳一般被打飞了出去，难以动弹。

红光随即取出镣铐，准备活捉癌症：“你们疾病总是要吃了亏才长教训，我红光能量低不错，但我可是善用道具的忍者啊。刚刚射向你的Lu-TeX金属卟啉飞镖又叫光敏剂，可以吸收我发射出来的732 nm波长光，过渡金属变成激发态，而后能量向O₂转移，将其激发为对你具有强力杀伤性的活性氧(ROS)^[15]。同时飞镖上还被涂抹了可以对你进行靶向的肿瘤受体，一旦命中，便再也无法取下^[16]。这就是我苦练多年修炼而成的光动力学疗法(PDT)，你束手就擒吧！”

“该死的红光……咳咳……可你穿透力再强，但到底还是红光，穿透能力总有个限度，你不可能追我到天涯海角！只要被我逃掉了，我就还能东山再起！”说着癌症挣扎着用尽最后一丝力气打开了安全屋内通向肝胆等人体更深处的密道。

眼见癌症就要逃离，红光急忙掏出最新型的吡啶菁绿光敏剂(ICG)飞镖，在癌症即将完全盖上密道口的千钧一发之际射在了他身上。这ICG光敏剂是人类研发的十分先进的长波光敏剂，可以被800 nm波长的近红外光激发。红光战士早料到狡猾的癌症不可能只有一处藏身地，这一秘密武器也是其最后的杀手锏。紧接着红光战士并没有着急追赶，而是静心端坐，冥想之际，其频率开始缓缓降低，慢慢增长的波长如同水波趋于平静。740 nm……760 nm……780 nm，终于！红光战士在波长突破可见光极限的780 nm后竟完全透明，消失不见了！赤色的忍者真正成为了来无影去无踪的幽灵，他成为了红外战士。

红外战士端坐着向四周散射出阵阵红外光波，长波的他们畅通无阻，穿透人体的各个角落。此时的癌症仍在密道中穿梭，但飞镖在阵阵红外光波下不断产生ROS，一点点的蚕食着癌细胞的组分。不断地照射下，癌细胞开始四分五裂，分崩离析。终于在绝望中，癌症化为了灰烬。

这场悄无声息的斩首行动，在人类无知无觉中获得了胜利。

4 尾声

光能使者们的故事还在延续，为应援人类，越来越多的光能使者正在从光之国赶往地球。也许将来我们还会看到绿光战士、黄光战士的到来，这场人、光、疾的战争，正因光能使者的到来而变得五光十色起来。

参 考 文 献

- [1] 翟中和, 王喜忠, 丁明孝. 细胞生物学. 第4版. 北京: 高等教育出版社, 2011: 24–27.
- [2] Raeiszadeh, M.; Adeli, B. *ACS Photonics* **2020**, 7 (11), 2941.
- [3] Pfeifer, G. P.; Besaratinia, A. *Photochem. Photobiol. Sci.* **2012**, 11 (1), 90.
- [4] Buonanno, M.; Ponnaiya, B.; Welch, D.; Stanislaukas, M.; Randers-Pehrson, G.; Smilenov, L.; Lowy, F. D.; Owens, D. M.; Brenner, D. J. *Radiat. Res.* **2017**, 187 (4), 483.
- [5] Varma, S. D.; Hegde, K. R.; Kovtun, S. J. *Ocular Pharmacol. Ther.* **2008**, 24 (5), 439.
- [6] 熊涛, 唐军, 母得志. 中国当代儿科杂志, **2012**, 14 (5), 396.
- [7] Ostrow, J. D.; Jandl, J. H.; Schmid, R. J. *Clin. Invest.* **1962**, 41 (8), 1628.
- [8] Ronchi, L.; Pratesi, R. *Nuovo Cimento Soc. Ital. Fis. D-Condens. Matter At. Mol. Chem. Phys. Fluids Plasmas Biophys.* **1992**, 14 (8), 803.
- [9] 甘汝婷, 郭震宁, 林介本, 颜稳萍, 廖炫, 潘诗发, 林木川. 光学学报, **2015**, 35 (4), 0423003-1.
- [10] Lightner, D. A.; McDonagh, A. F. *Acc. Chem. Res.* **1984**, 17 (12), 417.
- [11] Ennever, J. F.; Knox, I.; Denne, S. C.; Speck, W. T. *Pediatr. Res.* **1985**, 19 (2), 205.
- [12] Chen, G.; Wang, K. K.; Zhou, Y. W.; Ding, L.; Ullah, A.; Hu, Q.; Sun, M. J.; Oupicky, D. *ACS Appl. Mater. Interfaces* **2016**, 8 (38), 25087.
- [13] Lucky, S. S.; Soo, K. C.; Zhang, Y. *Chem. Rev.* **2015**, 115 (4), 1990.
- [14] Ruggiero, E.; Alonso-de, C. S.; Habtemariam, A.; Salassa, L. *Dalton Trans.* **2016**, 45 (33), 13012.
- [15] Mai, D. K.; Kim, C.; Lee, J.; Vales, T. P.; Badon, I. W.; De, K.; Cho, S.; Yang, J.; Kim, H. J. *Sci. Rep.* **2022**, 12 (1), 2541.
- [16] Li, R.; Zhou, Y. M.; Liu, Y. J.; Jiang, X. P.; Zeng, W. L.; Gong, Z. R.; Zheng, G.; Sun, D. S.; Dai, Z. F. *Signal Transduct. Target. Ther.* **2022**, 7 (1), 64.
- [17] Monro, S.; Colon, K. L.; Yin, H. M.; Roque, J.; Konda, P.; Gujar, S.; Thummel, R. P.; Lilge, L.; Cameron, C. G.; McFarland, S. A. *Chem. Rev.* **2019**, 119 (2), 797.