

論文名：Outdoor light exposure and longer sleep promote wellbeing under COVID-19 mandated restrictions. (COVID-19 による社会規制下で、屋外の光曝露と睡眠時間の確保がウェルビーイングを促進する)

著者：Maria Korman (アリエル大学, イスラエル), Vadim Tkachev (イスラエル), Cátia Reis (リスボン大学, ポルトガル), Yoko Komada (明治薬科大学, 日本), Shingo Kitamura (国立精神・神経医療研究センター, 日本), Denis Gubin (チュメニ医科大学, ロシア), Vinod Kumar (デリー大学, インド), Till Roenneberg (ルートヴィヒ・マクシミリアン大学ミュンヘン, ドイツ)

雑誌名：Journal of Sleep Research (2022)

文献ダウンロード：<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8646753/>

論文の内容：

COVID-19 パンデミックでは、ウイルスの拡散を防ぐため、多くの国で社会的な規制（外出制限やロックダウン、緊急事態宣言など）が行われました。この社会規制により、日常生活は劇的に変化し、戸外に出て光を浴びる時間が制限されました。私たちは社会規制前と社会規制中の睡眠を調査する Global Chrono Corona Survey (GCCS, 国際新型コロナ時間調査) を実施し、社会規制中に睡眠時間が長くなり、社会的ジェットラグが減少し、睡眠中央時刻が遅れることを既に報告しました (Korman et al., 2020)。本論文では、ウェルビーイングの変化と屋外での光曝露時間、睡眠習慣との関連を調べることを目的としました。

GCCS では、2020 年 4 月 4 日から 5 月 6 日までの間に、40 カ国の成人 11,431 人から回答を得ました。解析に用いた最終サンプルは 7,517 人 (女性 68.2%) で、回答時における社会規制が実施されてからの平均日数は 32.7 ± 9.1 日 (平均 \pm sd) でした。ウェルビーイングは、①睡眠の質、②生活の質・全般的な幸福感 (Quality of Life: QoL)、③身体活動、④スマホや PC を見て過ごす時間 (スクリーンタイム)、⑤生産性の 5 項目を、5 段階のリッカートスケールで尋ねました。

解析の結果、社会規制中には、屋外光曝露時間は 58% 減少しました。睡眠の質、QoL、身体活動、生産性は低下し、スクリーンタイムは増加しました。一方で、ウェルビーイングに変化なし、あるいは改善したと報告する調査参加者も多く、睡眠の質に関しては 43% の参加者が変化なしと回答しました。ウェルビーイングの変化を、6 つの予測因子 (屋外光曝露時間、睡眠時間、睡眠中央時刻、 Δ 屋外光曝露時間、 Δ 睡眠時間、 Δ 睡眠中央時刻) を用いてモデル化したところ、生産性を除くウェルビーイングの各変数 (睡眠の質、QoL、身体活動、スクリーンタイム) の変化の 5~10% を説明しました。屋外の光曝露は、社会規制によるウェルビーイングへの悪影響を緩和し、睡眠妨害を予防する可能性があることが示唆され、パンデミック時の公共戦略では、積極的に日中の屋外での活動を促進すべきと考えます。

関連文献 : COVID-19-mandated social restrictions unveil the impact of social time pressure on sleep and body clock.

Korman M, Tkachev V, Reis C, Komada Y, Kitamura S, Gubin D, Kumar V, Roenneberg T. *Sci Rep.* 2020 Dec 17;10(1):22225. doi: 10.1038/s41598-020-79299-7.

<https://www.nature.com/articles/s41598-020-79299-7>

補足説明

略語 :

inSR (in Social Restriction): 社会規制中。ロックダウンや緊急事態宣言、行動制限中。

MST (Mid Sleep Time) : 睡眠中央時刻。睡眠負債を調整した休日の睡眠中央値 (通常 MSF_{sc} と略されるもの)。

OLE (Outdoor Light Exposure): 屋外光暴露時間

preSR (pre Social Restriction): 社会規制前

SD (Sleep duration) : 週あたりの一日平均睡眠時間

SJL (Social Jetlag) : 社会的ジェットラグ。仕事のある日とない日の睡眠中央時刻の差。

方法 :

睡眠変数

(i)SD (Sleep duration) : 週あたりの一日平均睡眠時間

(ii)MST (Mid Sleep Time) : 睡眠中央時刻。睡眠負債を調整した休日の睡眠中央値 (通常 MSF_{sc} と略されるもの)。

(iii)SJL (Social Jetlag) : 社会的ジェットラグ。仕事のある日とない日の睡眠中央時刻の差。

またこれらの変数に関して、社会規制前と規制中の差を算出した (Δ SD、 Δ MST、 Δ SJL)。

屋外光暴露時間 (Outdoor Light Exposure: OLE)

仕事のある日とない日に分けて、平均的な屋外光曝露時間 (OLE) について、「30 分未満、30-60 分、1-2 時間、2-3 時間、3-4 時間、4-5 時間、5-6 時間、6-7 時間、7 時間以上」の 카테고리から選択回答させた。カテゴリ間隔の中間値を用いて、それぞれ 15 分、45 分、.....、390 分、450 分 (>7h の場合) に数値変換した。個人の 1 週間の平均 OLE は、仕事のある日 (5 日を想定) と仕事のない日の OLE を加重平均して算出した。

ウェルビーイング

主観的なウェルビーイングについて社会規制前と比べて規制中の変化を尋ねた。ウェルビーイングは、睡眠の質、生活の質・全般的な幸福感 (Quality of Life: QoL)、身体活動、スクリーンタイム、生産性の 5 項目であった。回答は、5 段階のリッカート尺度を用いた。

睡眠の質と QoL については「とても悪くなった, 悪くなった, 変わっていない, 良くなった, とても良くなった」から選択させ、身体活動、スクリーンタイム、生産性については「とても減った, 減った, 変わっていない, 増えた, とても増えた」から選択させた。これらの回答は、「非常にネガティブな変化」(-2)、「ネガティブな変化」(-1)、「変化なし」(0)、「ポジティブな変化」(+1)、「非常にポジティブな変化」(+2)としてコード化した。スクリーンタイムとは、コンピュータ、テレビ、スマートフォン・タブレット、ゲームを見て過ごす時間であり、増加をネガティブな変化とみなした (Chang et al., 2015)。

結果：

社会規制中のウェルビーイングの変化

ウェルビーイングの5つの指標のうち、睡眠の質に関しては悪化(34.2%)や改善(23.0%)よりも、変化なし(42.8%)と答えた人が多かった。QoL(49.6%)、身体活動(67%)、生産性(66.8%)、スクリーンタイム(74.3%)は、悪化した人の割合が多かった(図1)。

女性の方が男性よりも Δ 睡眠の質、 Δ QoL、 Δ スクリーンタイムが悪化した(Mann-Whitney U-test: $p < 0.001$, $rg = 0.06$, $p = 0.033$, $rg = 0.03$, $p < 0.001$, $rg = 0.06$)、男女間の差の効果量は無視できる程度であった($rg < 0.1$)。身体活動と生産性については、性差は認められなかった。 Δ スクリーンタイムを除いて、年齢に依存しなかった。 Δ スクリーンタイムは、高齢者は社会規制中の増加が少なかった (Spearman's $\rho = 0.222$, $p < 0.001$)。

ウェルビーイング5項目の Δ スコアは互いに相関した(図1f)。 Δ 睡眠の質と Δ QoL、 Δ 生活の質と Δ 身体活動の間に最も強い相関関係($\rho > 0.3$)が見られた(図1f)。

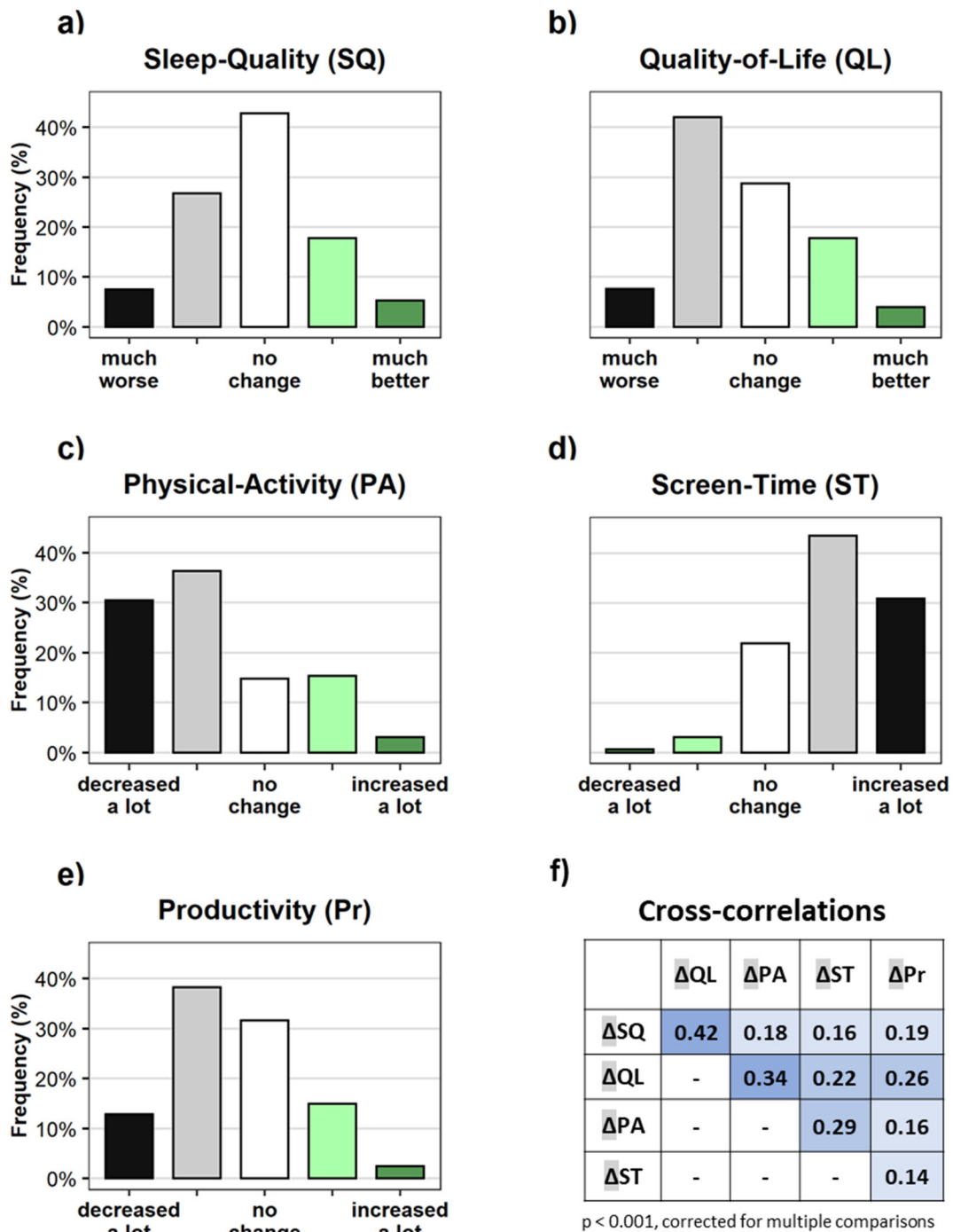


図1 社会規制による5つのウェルビーイングの主観的变化：

a) 睡眠の質、b) 生活の質・全般的な幸福感(QoL)、c) 身体活動、d) スクリーンタイム、e) 生産性について、社会規制を受ける前との比較。黒バーがネガティブな変化、灰色バーがややネガティブな変化、白が変化なし、薄緑がややポジティブな変化、濃緑がポジティブな変化を示す。f) ウェルビーイング5項目の Δ スコア間の相関(スピアマンの二変量相関)、p値は多重比較で補正。p<0.001。相関の強さで色分けした。

社会規制中の屋外光曝露時間の変化

週あたり1日平均屋外光曝露時間 (outdoor light exposure: OLE) 中央値は、1時間47分 (IQR=2時間07分) から45分 (IQR=1時間15分) に減少した ($Z = -63.47$, $p < 0.001$, $r = 0.73$; Wilcoxon Signed Ranks test)。 ΔOLE は、 -72 ± 112 分。70%以上のサンプルが社会規制中での光曝露時間が減少した (47%が1時間以上減少。図2bのグレーのバー)。屋外光曝露時間の減少は、仕事のある日とない日で一貫していた (SI-表3)。 Δ 光曝露時間は年齢と相関があり、若年層でより大きな減少が見られた (Spearman's $\rho = 0.15$, $p < 0.001$)。性差はなかった。

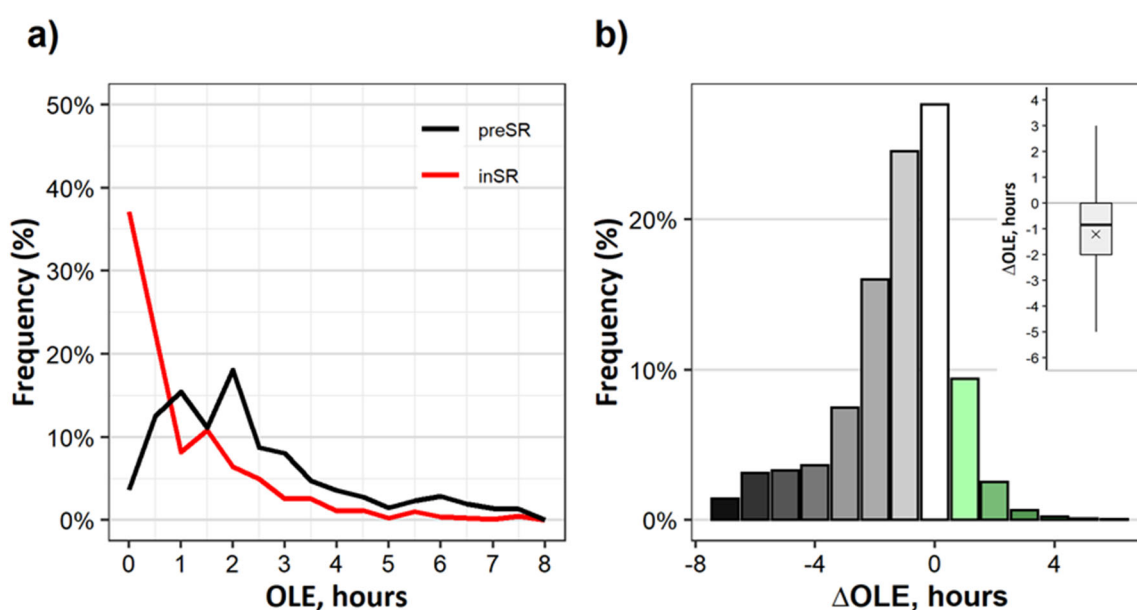


図2 社会規制による屋外光曝露時間の変化

- a) 社会規制前 (黒線) と社会規制中 (赤線) の屋外光曝露時間の分布、全体に対する割合。
 b) 光曝露時間の変化 (ΔOLE) を1時間ごとに区切って示したもの: 白棒は変化なし (± 30 分変化)、緑は増加、グレーは減少を表す。右上の挿入図は、 ΔOLE (h) の箱ひげ図。正の値は、OLEの増加、負の値は減少を示す。ヒゲは最大値と最小値、ボックスの境界は75%と25%、ボックスを通る線は中央値、×印は平均値。

SI-表3 社会規制前と社会規制中における仕事のある日と休日の屋外光曝露時間

	<i>preSR</i>		<i>inSR</i>	
	OLE workdays	OLE free days	OLE workdays	OLE free days
Median	1h 30min	2h 30min	45min	45min
IQR	105min	120min	75min	75min

preSR (pre Social Restriction): 社会規制前, inSR (in Social Restriction): 社会規制中

OLE (Outdoor Light Exposure): 屋外光曝露時間

屋外光曝露時間と日常行動、ウェルビーイングの関係

既報の通り、社会規制中には睡眠時間 (ST) が 15 分増加し、睡眠のタイミング (MST) が 34 分遅れ、社会的ジェットラグ (SJL) が 30 分減少した (Korman et al., 2020)。

ウェルビーイング各指標について悪化、変化なし、改善の 3 群に分け、屋外光曝露時間 (OLE) の変化量を Kruskal-Wallis H 検定ならびに群間でペアワイズ・ダンテスト (ボンフェローニ補正) で比較した。5 つのウェルビーイング指標のうち、 Δ 睡眠の質、 Δ 生活の質、 Δ 身体活動、 Δ スクリーンタイムの 4 指標で、 Δ OLE は悪化群と改善群の間、悪化群と変化なし群の間に有意な差が認められた。 Δ QoL についてのみ、変化なし群と改善群の間の差も有意であった (図 3)。

光曝露時間 (Δ OLE) の減少は、社会規制中の MST の遅延 ($\rho = 0.23$) と Δ MST の大きさ ($\rho = 0.16$) にも関連していた。 Δ OLE は、社会規制中の睡眠時間 (SD)、 Δ SD、社会的ジェットラグ (SJL)、 Δ SJL とは関連しなかった。

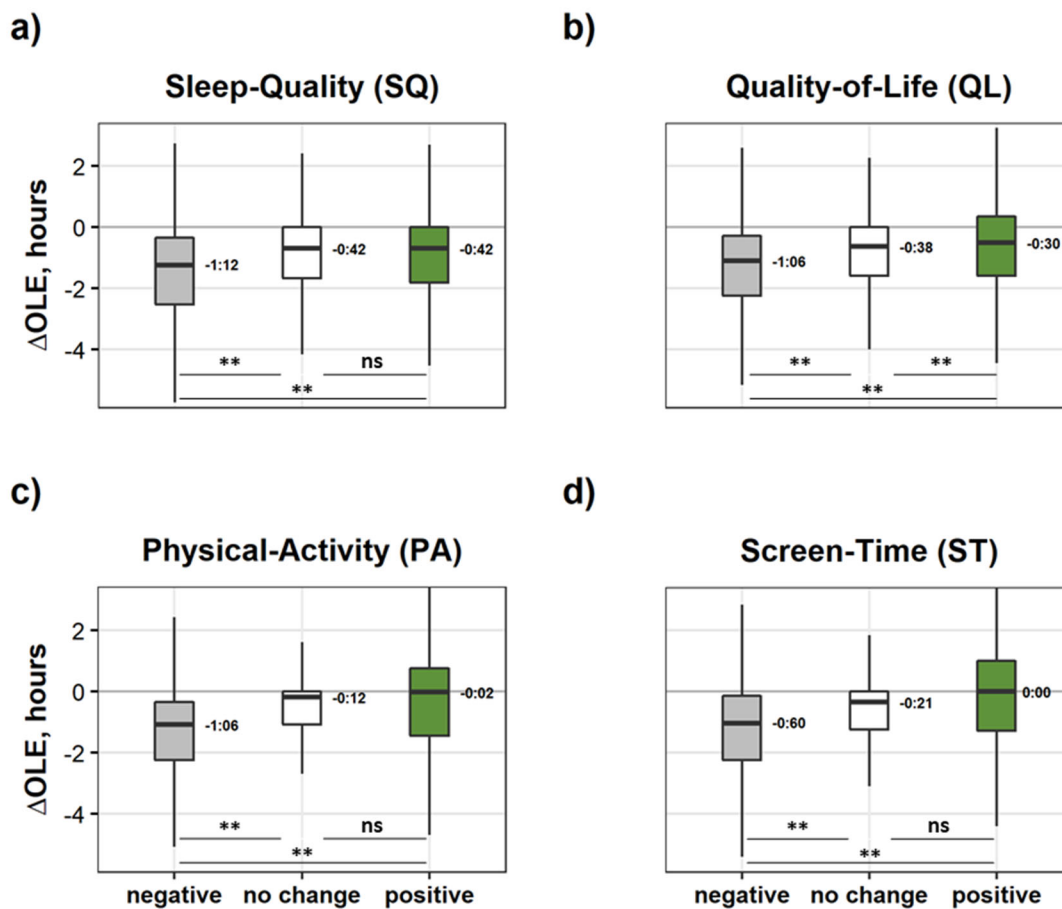


図3 Kruskal-WallisH 検定で有意な結果が得られたウェルビーイングの4指標について、屋外光曝露時間の変化(Δ OLE)を群間比較したもの。a) 睡眠の質(グレー: 悪化群 N=2566、白: 変化なし群 N=3212、緑: 改善群 N=1730)、b) QoL(悪化群 N=3724、変化なし群 N=2153、改善群 N=1629)。c) 身体活動(悪化群 N=5016、変化なし群 N=1109、改善群 N=1381)、d) スクリーンタイム(悪化群-スクリーンタイムの増加, N=5578、変化なし群 N=1644、改善群 N=1629)。

箱の境界線は75%と25%のパーセンタイル、箱を通る線は中央値、数字は中央値の値、ひげは最大値と最小値。** $p < 0.001$ 。ペアワイズ・ダンテスト(ボンフェローニ補正あり)

睡眠時間とウェルビーイング

睡眠が長くなると(正の Δ SD)、睡眠の質($\rho = 0.21$)とQoL($\rho = 0.11$)は改善し、社会規制中の睡眠時間が長いほど睡眠の質の改善が大きかった($\rho = 0.13$ 、いずれも $p < 0.001$, Bonferroni 補正)。

また、 Δ SDと Δ 睡眠の質、 Δ SDと Δ QoLにも有意な関連が認められた(Kruskal-Wallis H 検定、それぞれ $H = 308$, $\eta^2 = 0.041$, $H = 86$, $\eta^2 = 0.012$, 図4)。睡眠の質やQoLが悪化した群や変化なしの群に比べて、改善した群では社会規制中の睡眠時間が有意に長かった。睡

眠の質と QoL 改善群では睡眠時間がそれぞれ 32 分、21 分増加していた。

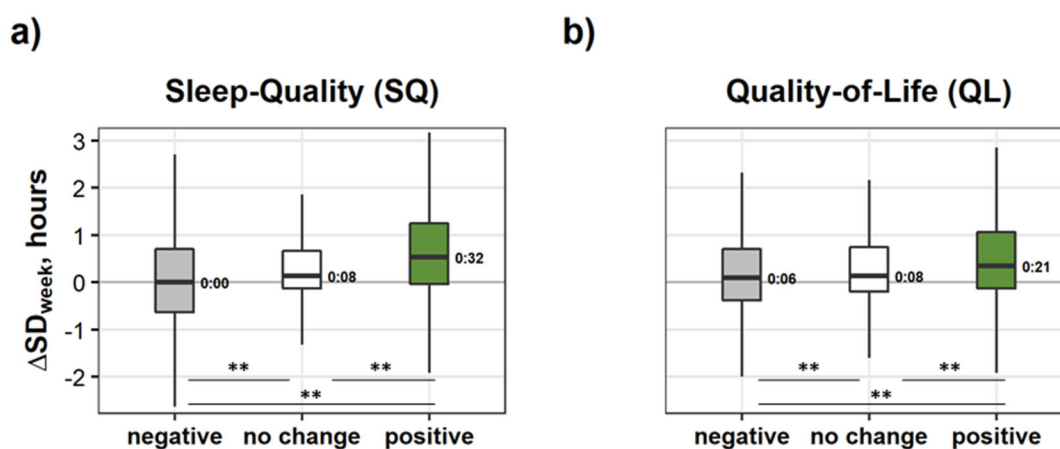


図4 ウェルビーイングの変化で比較した睡眠時間 (SDweek) の変化量

睡眠中央時刻 (MST) とウェルビーイング

睡眠タイミングの遅れが大きいほど、ウェルビーイング 5 指標のうち 3 指標が悪化した (Δ 睡眠の質, $\rho = -0.15$, Δ 身体活動, $\rho = -0.10$, Δ スクリーンタイム, $\rho = -0.17$)。さらに、社会規制中の睡眠中央時刻 (MST) の遅延は、5 指標のうち 4 指標で Δ スコアと負の相関を示した (Δ 睡眠の質, $\rho = -0.14$, Δ QoL, $\rho = -0.12$, Δ 身体活動, $\rho = 0.14$, Δ スクリーンタイム, すべてのスピアマン相関は、 $p < 0.001$ で有意、多重比較で補正済み)。

睡眠中央時刻の変化 (Δ MST) は、 Δ 睡眠の質と Δ スクリーンタイムと関連した (Kruskal-Wallis 検定: $H=343$, $\eta^2=0.045$ および $H=132$, $\eta^2=0.017$, 図 5)。睡眠の質が悪化した群は、変化なしまたは改善した群に比べて、 Δ MST が大きかった (変化なし群と改善群では中央値が < 30 分に対して、悪化群では中央値 = 45 分)。同様の結果が Δ スクリーンタイムについても得られた。スクリーンタイム増加群は、MST が有意に遅延した (増加群では中央値 = 30 分に対し、変化なし群では 10 分、減少群では 15 分)。なお、変化なし群と減少群には有意な差はなかった。

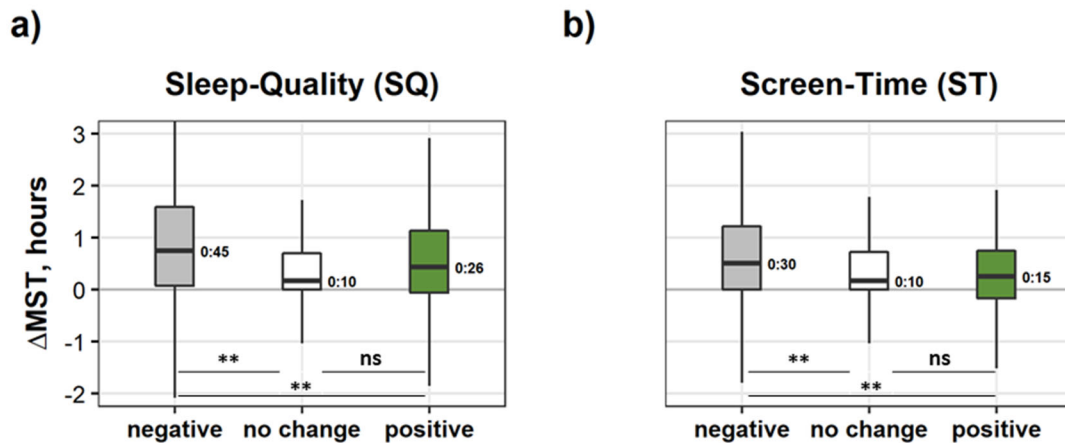


図5 ウェルビーイングの変化で比較した睡眠中央時刻の変化（ Δ MST）

屋外の光曝露と日常行動がウェルビーイングの変化に及ぼす影響

屋外の光曝露（OLE）と日常行動がウェルビーイングの変化をどの程度説明するかを調べるために、一連の重回帰分析を行った。モデルには、社会規制中の OLE、SD、MST の実際の値に加えて、 Δ OLE、 Δ SD、 Δ MST の 6 変数を予測因子とした。このモデルは、ウェルビーイング各指標の 5.6～10%を説明した（ Δ QoL: 5.6%, Δ 睡眠の質: 8.9%, Δ スクリーンタイム: 9.1%, Δ 身体活動: 10%, 表1）。社会規制中の OLE と Δ OLE が主要な予測因子であり、 Δ OLE のみで Δ QoL の 3.2%、 Δ スクリーンタイムの 5.6%、 Δ 身体活動の 2.1%を説明した。社会規制中の屋外光曝露時間（OLE inSR）のみで、 Δ 身体活動の 7.1%を説明した。睡眠時間の変化（ Δ SD）と睡眠タイミングの変化（ Δ MST）は、 Δ 睡眠の質の主な予測因子であった（それぞれ 4%と 3.2%を説明）。しかし、どの予測因子も Δ 生産性の変動には 1%以上の影響を与えなかった。

表1 ウェルビーイング各指標の変化について、6つの予測因子を用いた重回帰分析の結果。緑色の背景はウェルビーイングの変化に 1%以上の関与を示した予測因子。

Wellbeing category	Predictor	Adjusted R ²	R ² Change	Standardized coefficients β	t-statistic
ΔSleep-Quality	Δ SD	.040	.040	.190	13.883**
	Δ MST	.071	.032	-.136	-10.719**
	Δ OLE	.086	.014	.102	8.205**
	MST	.088	.002	-.054	-4.197**
	SD	.089	.001	.035	2.589*
	OLE	.089	.001	.190	2.514*
	model	.089			
ΔQuality-of-Life	Δ OLE	.032	.032	.123	9.728**
	Δ SD	.043	.012	.116	10.255**
	OLE	.049	.006	.080	6.279**
	Δ MST	.054	.005	-.055	-4.252**
	MST	.055	.001	-.040	-3.109*
		model	.055		
ΔPhysical-Activity	OLE	.071	.071	.181	14.642**
	Δ OLE	.092	.021	.154	12.458**
	MST	.095	.003	-.051	-4.042**

考察

COVID-19 感染を防ぐために、世界各国の政府は国民の移動の自由を大幅に制限した。これらの社会規制は、屋外の光への曝露、社会的な時間のプレッシャー、そして日常生活の多くの側面を変える世界規模の実験であった。われわれが実施した GCCS 研究から、社会規制中に睡眠時間が長くなり、また睡眠のタイミングが遅くなり、それに伴って社会的ジェットラグが減少することを既に報告した (Korman 2020)。本論文では、社会規制中のウェルビーイングの変化に関連する屋外光曝露 (OLE) と睡眠・覚醒行動の変化の重要性を示した。最も重要な知見を図 6 にまとめた。

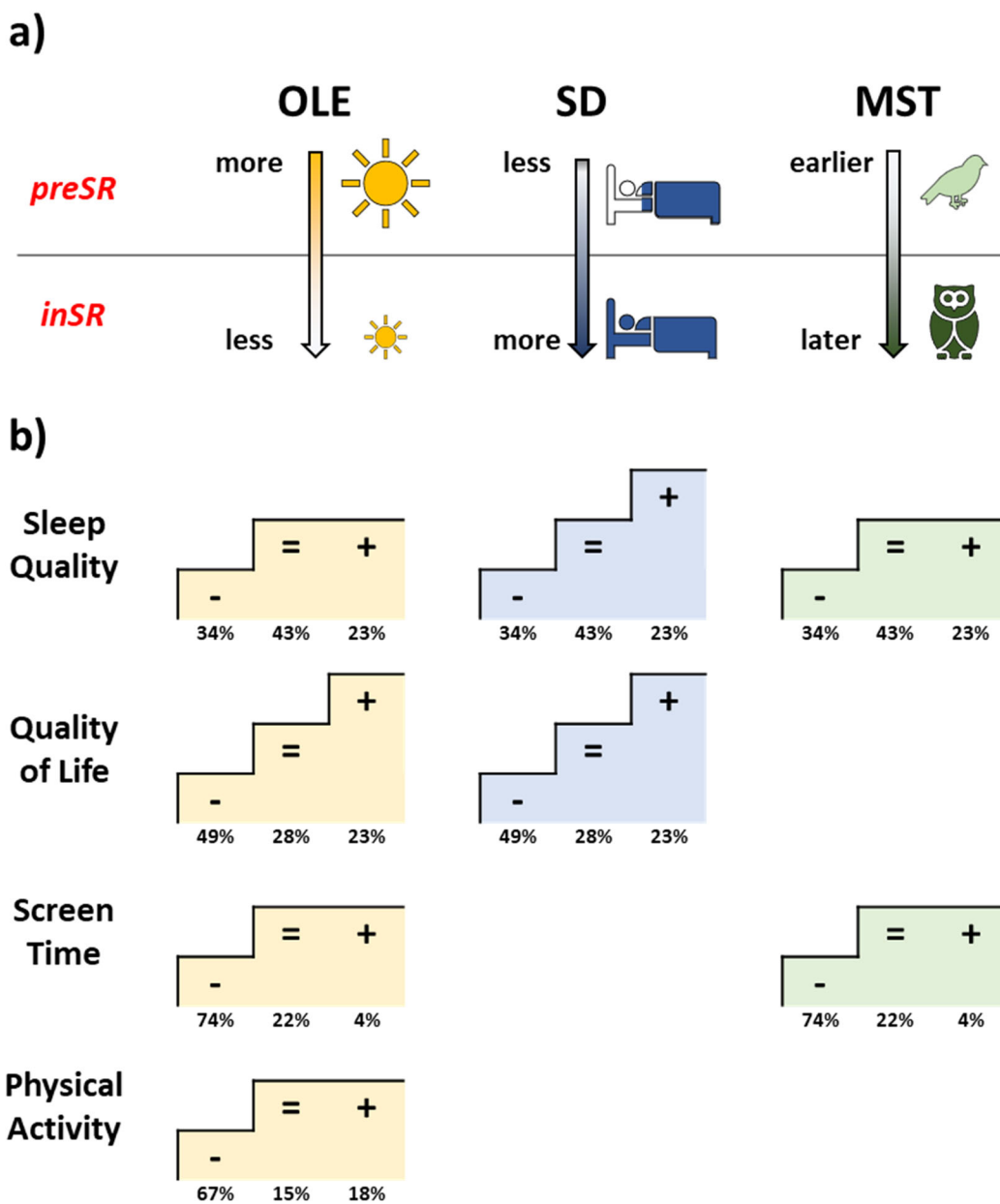


図6 屋外光曝露時間 (OLE)、睡眠時間 (SD)、睡眠中央時刻 (MST) の変化とウェルビーイングの変化との関連。

社会規制前後の光曝露量、睡眠時間、睡眠中央時刻の変化。社会規制によって光曝露時間が減り、睡眠時間が増加し、睡眠中央値は遅延した。OLE、SD、MST の変化と有意な相関を示したウェルビーイングの 4 つの指標 (睡眠の質、QoL、スクリーンタイム、身体活動) を、悪化 (-)、変化なし (=)、改善 (+) で群分けして示した。数字は全体に対する割合。ウェルビーイングの変化で分類した群で、屋外光曝露時間 (黄色)、睡眠時間 (青)、睡眠中央時刻 (緑) いずれの変化が有意だったかを階段で示した。