

А. Б. ИОРДАНСКИЙ, А. Р. КРУМИНЬ, С. А. ПАВУЛСОНЕ,
Н. С. БАДАЕВ, Г. В. ДЕРЯГИН

ВЛИЯНИЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ СПИРАЛИЗАЦИИ НА ЛИНЕЙНЫЕ И ОТНОСИТЕЛЬНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ХРОСОМ

(Представлено академиком А. А. Баевым 1 II 1971)

Существование дифференциальной спирализации хромосом (¹⁻⁴) приводит к необходимости тщательного отбора метафазных пластинок с одинаковой степенью спирализации для проведения последующего морфометрического анализа (⁴). Наиболее полно степень спирализации выражается длиной всего набора. Однако практическое применение этой величины в качестве критерия отбора слишком трудоемко. Поэтому обычно для отбора используется «индекс спирализации», представляющий отношение длин двух или более специально выбранных хромосом (⁴⁻⁵). Недавно было показано, что «индекс спирализации» не является лучшим критерием отбора метафаз, поскольку абсолютная длина отдельных хромосом значительно точнее отражает длину всего набора (⁶).

Именно это побудило нас выяснить зависимость между суммарной длиной всего набора и: 1) абсолютной длиной каждой хромосомы и ее плечей, 2) относительной длиной каждой хромосомы и ее плечей, 3) центромерными индексами. Материалом служили результаты наших измерений хромосом на колхичинированных метафазах *Macaca mulatta* и *Allium cepa*, *A. fistulosum* (⁵).

1) С целью определения зависимости абсолютных длин хромосом и их плечей от длины набора для каждой идентифицируемой хромосомы или группы хромосом были построены точечные графики (рис. 1), которые затем усреднялись. Полученные усредненные кривые объединяли (рис. 2а). Можно видеть, что связь между суммарной длиной набора и абсолютными длинами всех хромосом и их плечей в исследованных интервалах спирализации имеет линейный характер. При этом каждая хромосома и каждое плечо изменяются в разной степени и обладают своими характерными углами наклона прямых (α_i), значения котангенсов которых в системе равномасштабных координат могут использоваться при количественной оценке дифференциальной спирализации. Для большинства хромосом и их плечей наблюдается определенная связь между длиной и котангенсом угла наклона прямой. Однако иногда эта связь нарушается, и прямые некоторых хромосом наклонены значительно круче, чем можно

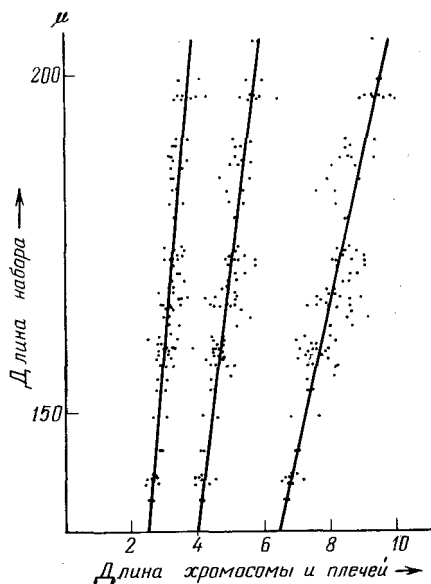


Рис. 1. Образец точечного и усредненного графика зависимости между суммарной длиной набора хромосом *A. cepa* и длиной хромосомы 7 и ее плечей

было бы ожидать, что обусловлено, по-видимому, большим содержанием гетерохроматина (8(X) хромосома и ее длинное плечо и другие).

Таким образом, общая картина графиков показывает, что в каждой метафазной пластинке длины хромосом, их плечей и длина набора связан между собой однозначной линейной зависимостью, что открывает принципиальную возможность определения приблизительного значения линейной

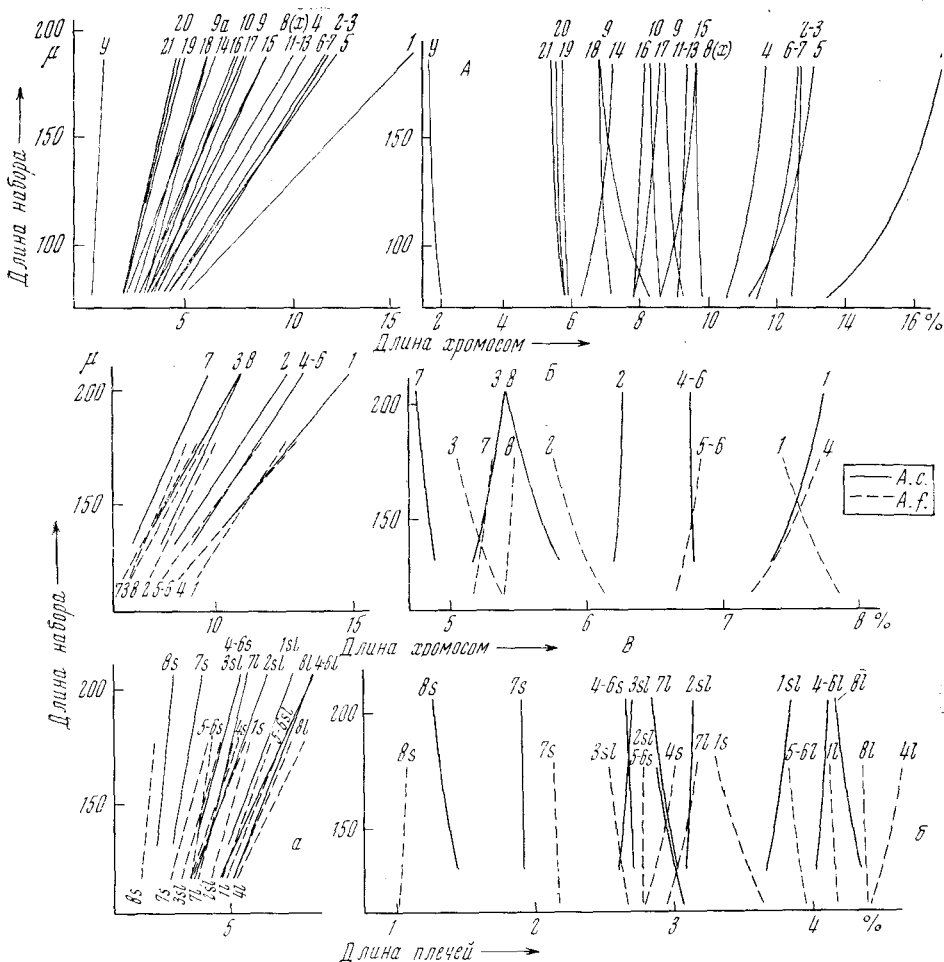


Рис. 2. Зависимость между суммарной длиной кариотипа и длиной хромосом у *M. mulatta* (A) и у *A. cera* и *A. fistulosum* (B) и плечей *A. cera* и *A. fistulosum* (B). а — абсолютные, б — относительные размеры

параметров каждой хромосомы на основании измерения любой другой хромосомы.

Необходимо сказать, что линейность связи абсолютных длин отдельных хромосом с длиной набора отмечалась и ранее (⁶); указывалось и на связь между характером спирализации отдельных хромосом и их длиной (^{2, 4}) и содержанием гетерохроматина. Однако в этих работах авторы не прослеживали изменение длин всех хромосом набора по мере их спирализации и поэтому не смогли заметить и оценить указанных выше общих зависимостей.

2) Из линейности приведенных графиков следует, что относительная длина каждой хромосомы данного набора

$$l_i^r = \frac{l_{\min} + (L_i - L_{\min}) \operatorname{ctg} \alpha_i}{L_i} = \frac{l_{\min} + (l_i - l_{\min})}{l_{\min}/l_{\min} + (l_i - l_{\min}) \operatorname{tg} \alpha_i},$$

где $l_{\min}$ — наименьшая наблюдаемая абсолютная длина хромосомы, l_i — длина хромосомы в данном наборе, $l_{\min}^r$ — относительная длина $l_{\min}$, $L_{\min}$ — минимальная длина набора, L_i — длина данного набора. Последняя формула в общем виде может быть записана как $z = (a + x)/(A + Bx)$, что является уравнением гиперболы. Следовательно, зависимость относительных длин хромосом и их плечей от длины набора в исследуемых ин-

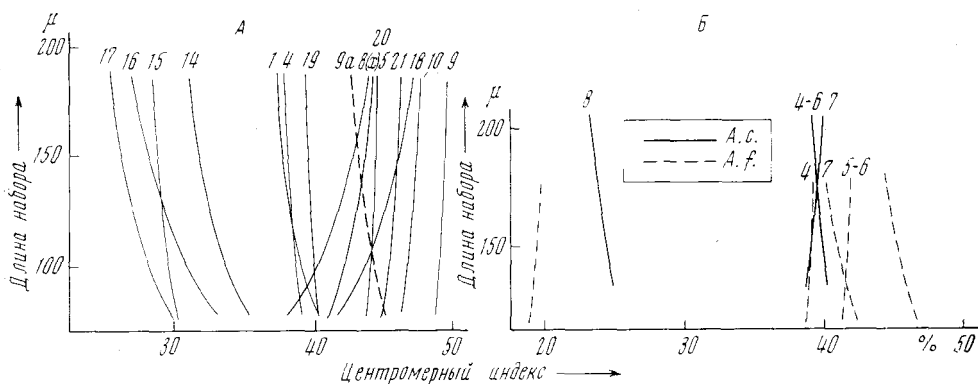


Рис. 3. Зависимость между суммарной длиной кариотипа и центромерными индексами. А — *M. mulatta*, Б — *A. cerea* и *A. fistulosum*

тервалах спирализации (рис. 2б) представляется отрезками гипербол, направление которых (левое или правое) указывает на уменьшение или увеличение относительных длин по мере спирализации. При этом не удастся установить какую-либо четкую зависимость между абсолютными длинами и характером изменения относительных длин хромосом и их плечей, что находит отражение в значительном числе пересечений кривых. При этом далеко не всегда более длинные хромосомы укорачиваются сильнее, чем короткие, как это предполагалось (²⁻⁴). Интересно отметить, что относительные длины всех гомеологичных хромосом *Allium* по мере спирализации изменяются взаимно противоположным образом (рис. 2Бб).

3 Очевидно, что аналогично изменениям относительных длин хромосом и их плечей кривые зависимости центромерных индексов от длины набора также будут иметь характер гипербол (рис. 3). При этом у лука не обнаруживается какой-либо закономерности в изменении центромерных индексов, а у макаки проявляется тенденция к уменьшению различий между центромерными индексами отдельных хромосом по мере спирализации набора. Это происходит как за счет увеличения центромерных индексов у субacroцентрических хромосом, так и за счет их уменьшения у мета- и субметацентрических хромосом, что резко противоречит существующим представлениям (²⁻⁴).

Поэтому очевидно, что дифференциальность спирализации хромосомы или плеча хромосомы является сложной функцией, зависящей как от количества ДНК («абсолютной длины»), так и от количества гетерохроматина и, вероятно, от особенностей функционирования хромосомы.

Проведенный анализ динамики изменения линейных и относительных параметров хромосом по мере их спирализации показывает, что применяемые методы поликариограммного анализа и построения идиограмм не позволяют получить полное представление об особенностях кариотипа, поскольку дают усредненные статичные картины какого-либо одного из множества возможных его состояний. Отсюда становится ясным также, что в некоторых случаях для идентификации всех хромосом может не существовать одной оптимальной степени спирализации, и анализ разных групп хромосом следует производить в наборах разной длины. При этом может оказаться, что пары, неразличимые в слабо или умеренно спирализован-

ных наборах, будут четко идентифицироваться при высоких степенях спирализации. Идиограммы одного и того же организма (вида), построенные для разных интервалов спирализации, могут резко различаться по относительным размерам, центромерным индексам, а также по идентифицируемости хромосом и даже по объединению их в группы.

Институт молекулярной биологии
Академии наук СССР
Москва

Поступило
26 I 1971

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ G. Svärdson, Medd. fr. Stat. Unders. o. Försöksanst. f. Sötvatt.-fisk., **23**, 1 (1945). ² M. Sasaki, Chromosoma, **11**, 514 (1961). ³ P. H. Fitzgerald, Cytogenetics, **4**, 65 (1965). ⁴ В. М. Гиндилис, Цитология, **8**, 144 (1966). ⁵ С. А. Павулсоне, А. Б. Иорданский, В. М. Гиндилис, Генетика, **6**, 40 (1970). ⁶ С. А. Павулсоне, А. Б. Иорданский, Генетика, **7**, 4 (1971).